

体に優しい超音波治療：マイクロ気泡による加速と選択性の向上

Less Invasive Ultrasonic Treatment Enhanced by Microbubbles

東北大医工¹, 東北大工² ○梅村 晋一郎¹, 吉澤 晋², 高木 亮², 安田 惇²

Tohoku Univ.^{1,2}, ○Shin-ichiro Umemura¹, Shin Yoshizawa², Ryo Takagi², Jun Yasuda²

E-mail: sumemura@ecei.tohoku.ac.jp

集束強力超音波(HIFU)による治療が、前立腺がんや子宮筋腫・乳腺腫瘍を対象に始められて 10 年以上になる。患部を HIFU により局所的に加熱凝固するのが主な機序であるが、患部の超音波吸収係数が正常組織と比べて大きいとは限らないので、正常組織の過熱を防ぐために治療のスルーポットを制限せざるを得ないという問題がある。

医用周波数の超音波に共振するマイクロ気泡は、その超音波を著しく吸収する。そこで、EPR 効果をもつナノ液滴を腫瘍に選択的に分布させ、超音波刺激によってマイクロ気泡に相変化させる方法が研究されている。一方、加熱用 HIFU よりも 1 桁程度高い振幅の短いパルスにより局在したキャビテーションを起こし、マイクロ気泡を発生させる方法も研究されている。図 1(a)は、ポリアクリルアミドゲル中に、瞬時強度 32 kW/cm^2 長さ $100 \mu\text{s}$ の超音波パルスを 4 mm 離れた 3 点に高速走査しながら照射して形成したマイクロ気泡群が、加熱用の強度 0.9 kW/cm^2 の照射により維持されている様子である。図 1(b)は、同様の 10 s 間の照射により、鶏ササミ肉中に形成された熱凝固領域の断面である。

マイクロ気泡群発生に必要な著しく大きな瞬時超音波パワーそのものを低下させる研究も、体に優しい治療の実現する上で重要である。図 2 は、第 2 高調波重畳照射による工夫の結果を示したものである。マイクロ気泡の発生には、同じ超音波パワー同士比較すると負圧強調波が有利であるが、一旦マイクロ気泡が発生すると、それが音圧を反転させる反射体として働くので、それを成長させるには正圧強調波が有利なためであると考えられる。

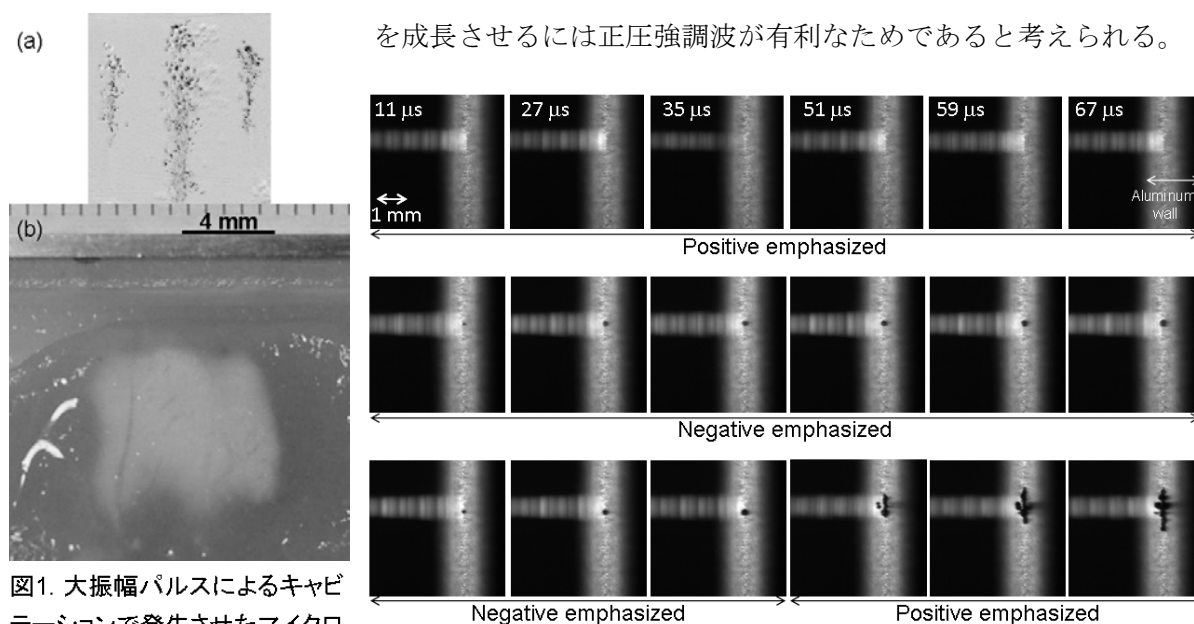


図1. 大振幅パルスによるキャビテーションで発生させたマイクロ気泡群(a)とそれに続く加熱用照射により形成した凝固域(b)

図2. 第2高調波重畳照射によるマイクロ気泡群の効率的な生成。負圧強調波によって効率的に発生したマイクロ気泡が、正圧強調波によって効率的に成長している。