

光散乱媒質内におけるルミノール化学発光の超音波タグイメージング

Ultrasound-tagged Chemiluminescence Imaging in Light Scattering Media for Luminol Bio-imaging

東北工大院¹, 東北工大工² ○(M1)岩佐 琥偉¹, (B)金澤 賢史², (B)高橋 遼麻², 小林 正樹^{1,2}
Tohoku Inst. Tech., °Torai Iwasa, Takashi Kanazawa, Ryoma Takahashi, Masaki Kobayashi
E-mail: m171802@st.tohtech.ac.jp

1. はじめに

生体内光イメージング技術として、超音波を併用した画像化手法の開発を行っている。とくに、生体に投与した化学発光プローブの画像計測を目的とし、超音波による化学発光増強作用を利用した超音波タグ光イメージング法について検討を行ってきた。これまでに水浸探傷用超音波トランスデューサを用い、生体に対して安全なパワーの集束超音波照射により、音響化学的作用に基づく化学発光の増強が観測されること、さらに光散乱媒質内において超音波焦点サイズの分解能で画像計測が可能であることを示した¹⁻³⁾。また前報では、従来の固定焦点型超音波トランスデューサによる機械式走査法に代えて、フェイズドアレイ型超音波トランスデューサによる電子走査型画像計測システムの開発について報告し、活性酸素種の発光増感剤であるルミノールを発光プローブとした、酸化ストレスイメージングへの応用の可能性を示した⁴⁾。

本報では、生体模擬試料を用いてルミノール化学発光の2次元断層画像計測を行ったので報告する。

2. 計測システムおよび実験方法

測定用生体模擬試料を透明アクリル製水槽に入れ、水浸型フェイズドアレイ超音波トランスデューサーを模擬試料側面から30mmの位置に設置した。トランスデューサーは共振周波数5MHz、素子ピッチ0.6mmの64素子タイプである。実験では、16素子を同時に用い、各素子の駆動信号をデジタル遅延素子により位相制御することで超音波焦点を角度分解能0.2°で扇状走査した。

生体模擬試料は、イントラリピッド-10%を200mL/L含む40mm(横)×40mm(奥行き)×70mm(高さ)の光散乱アガロースゲルの中心部に、ルミノール化学発光溶液を封入した内径2mmのシリコンカプセルを埋設して作成した。散乱媒質の等価散乱係数はルミノール発光波長440nmにて $\mu_s = 3.56\text{mm}^{-1}$ と見積もられる。

実験では、生体模擬試料内部をファン角±

10°で奥行き方向に20mm扇状走査して、試料内部を断層画像計測した。実際の測定範囲は模擬試料中心から横方向には約±7~10.5mm、奥行き方向に約±10mmである。化学発光の検出には、生体模擬試料の側面に向けて配置した光電子増倍管(受光面直径46mm)を用い、光子計数法により計測した。

3. 実験結果および考察

Fig.1は、右上挿入図に示している範囲を角度分解能0.2°(試料中心部にて170 μm に相当)、奥行き方向分解能1mmで扇状走査して得られた画像である。化学発光強度は約 10^5 counts/sであり、それに対して超音波による発光増強率は約1%であったが、光散乱媒質内部の化学発光分布を、超音波焦点形状に依存した解像度でとらえている。直径2mmの埋設試料を、横方向において約4mmサイズで画像検出することができた。今後は、小動物などを用いたルミノールによる生体内活性酸素イメージングへの応用について検討したい。

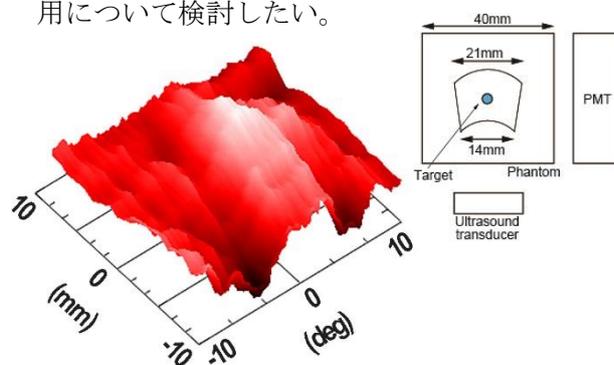


Fig.1 Tomographic image of ultrasound-tagged luminol chemiluminescence with 2D fan-scanning of ultrasound focus at the area as illustrated on the upper diagram.

参考文献:

- 1) M. Kobayashi, N. Kikuchi, A. Sato, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 021103 (2015)
- 2) M. Kobayashi, N. Kikuchi, A. Sato, *Ultrasonics Sonochem.* **31**, 1 (2016)
- 3) 佐藤, 菊池, 青木, 小川, 小林, 第 63 回応物春季学術講演会, 21p-S422-4 (2016)
- 4) 佐藤, 石川, 小林, 第 64 回応物春季学術講演会, 17a-413-3 (2017)