低光コントラスな生体成分測定に向けた低エネルギー光音響分光法の検討

Low energy fluence Photoacoustic Spectroscopy for low optical contrast medium

日本電信電話株式会社　ＮＴＴ先端集積デバイス研究所
°田中　雄次郎，瀬山　倫子
NTT Device Technology Laboratories, NTT Corporation
°Yujiro Tanaka, Michiko Seyama

【序論】

血糖値測定は侵襲を伴い心身の負担が大きい. そこで，我々は生体組織による光散乱・減衰にロバストな光音響法による非侵襲測定に着目している．また，小型化等を見据え低光エネルギーなCW 光源，および，生体内での音響共鳴を用いた手法を提案し, 生体実験で血糖値との有意な相関を確認した[1]．しかし，共鳴を用いるため測定部位の制約があった．そこで，測定部位の制約をなくし，かつ，空間的な分布の測定も可能とするため直接光音響波を測定する手法の検討を行った．直接波を用いる手法は，光学的に高コントラストな血球などに適用するが, 低コントラストな血糖などに適用する例は少ない. 低コントラストなため光吸収分布が広いため音圧が低く, 複雑な音の波面が形成されることが課題となる. そこで, 本報告では数値解析および実験により励起光のビーム形状および光吸収分布と光音響波の関係を明らかにした.

【数値解析および実験手法】

光吸収分布により複数波面の形成に加え, 一般的な光音響波に対して周波数帯域が低くなることが想定される．そこで，設計に必要な基礎データを数値解析により評価し実験的に検証した. 数値解析では有限要素法を用いて励起光をコリメート光として，光吸収分布，励起光のビーム断面形状，パルス幅をパラメータに光音響波の周波数，放射，伝搬特性を評価した．実験では図 1 に模式図を示す系において測定対象として純水を用いた検証を行った．連続(CW)光を光スイッチによりパルスに整形し, ハイドロホンにより音を測定した．　ビーム断面形状を円および楕円状に整形するとともにビーム径をパラメータに検証した．また CW 光の波長を変化させること光吸収分布を変化させた.

【結果】

数値解析および実験から次のことを明らかにした. 励起光のビーム径の大きさに対して光音響波の周波数帯域が減少し，mm オーダのビーム径において 1MHz 弱の周波数となった．また，コリメートされたビームの光軸から 60°程度傾けた方向において位相の揃った伝搬特性のよい波面が生成可能であることを確認した. 同波面の伝搬特性がビーム断面形状を楕円状に成形すること向上することを確認した．また，励起光の波長を変て同波面の音圧を測定することで光吸収係数に対する光音響波の音圧の関係を評価し, 両者の線形性を確認し, 定量測定が可能であることを明らかにした.

【結論】

直接光音響波を測定して光学的コントラストが小さい血糖などの生体成分の定量測定が可能であることを示した. 今後は光波長を広げていくとともに空間的な吸収分布の可視化や伝搬効率の高いビーム形状の検討とともに生体で測定するためのインタフェイスへの実装の検討を進めていく.

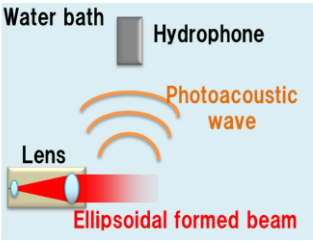

図 1　実験系の概要

参考文献

[1]Y. Tanaka 他，Proceedings of IEEE SENSOS 2018.