

研究題目	透明圧電フィルムを用いた光音響画像化装置の開発	報告書作成者	和田森 直
研究従事者	和田森 直		
研究目的	<p>光音響(Photoacoustic)現象は、図1に示すように断続光の光吸収に伴い周期的な熱弾性変形が試料内部で生じる現象である。パルス光による熱弾性変形量(=PA 信号)の測定には超音波測定技術をそのまま応用できることから、光音響画像化技術として、近年、医学などの分野に広がりつつある。しかし、超音波技術では送信系、受信系が同一軸上となるのに対し、光音響技術では、光軸が受信系の寸法により制限され、偽像や解像度の劣化を招くことがある。そこで、光音響信号の検出系に透明圧電フィルムを用いる光音響画像化装置を目指している。</p> <p>光音響画像化技術は試料表面で検出された音圧分布から、試料内部の音圧分布を再構成する。ここで、正確な内部の音圧分布を得るには、広範囲に多数の音圧測定点を設置する必要がある。一般に超音波の検出にはPZTなどのセラミックが用いられている。しかし、セラミックでは、屈曲性、加工性に優れないため大面積に不向きである。また、セラミック系の検出器だけでなく、検出器を多数に設置する場合、実際の使用に際して配線など取り回しが煩雑となる。これに対して、圧電材を基材上に塗布して使用する透明圧電フィルムは容易に大面積にできる。さらに、圧電材を直交関数分布状に塗布した基材を重ね合わせて得られる音圧分布から試料内部の音圧分布を再構成する。これにより配線部分を透明圧電フィルムの片端にまとめられる。</p> <p>上記の特長を有する透明圧電フィルムを光音響信号の検出系に用いた光音響画像化装置を開発するために、透明圧電フィルムについて基本性能について調査した。</p> <p>図2に透明圧電フィルムの外観を示す。透明圧電フィルムは、電気伝導性と透明性を有する酸化インジウムスズ薄膜(25μm)の間に透明粘着剤(10μm)と高分子圧電材とを挟んで接着した構造である。さらに保護のためのポリエチレンテレフタレート薄膜により被覆されている。高分子圧電材の寸法は縦 20mm、横 20mm で厚さは 20, 30, 40μm の三種類を用いた。ポリエチレンテレフタレート薄膜の寸法は高分子圧電材の寸法より左右に 1mm、下に 3mm の余白を持つ。吊した状態の透明圧電フィルムに 1.2mm 離れた位置から 1550nm のレーザー光(BWF-1540、B&WTEK)を照射した。透明圧電フィルムのおよその中心を原点として、分解能 2μm pulse⁻¹の自動直動 XYZ 軸ステージ(KWG06030-C; SURUGA SEIKI)を用いて、照射位置を$\pm 15\text{mm}$の範囲で移動させて透明圧電フィルムから発生した信号を測定した。ここで、レーザー光に 5Hz で強度変調を施したことから透明圧電フィルムから発生した信号は PA 信号となる。</p> <p>¥fig{fig-0166}</p>		

研究内容	<p>実験結果および考察</p> <p>光軸を x 軸として、x 軸に水平方向を y 軸、垂直方向を z 軸と定義した。図 3、図 4、図 5 に厚さ 40 μm、30 μm、20 μm の透明圧電フィルムへの照射位置を y-z 平面で変化させた測定結果を示す。各点は、各照射位置における測定信号をフーリエ変換して算出された光変調周波数 5Hz と一致する周波数の振幅強度を示す。ここで、z 軸の正側の高分子圧電材の端に導線が配線されており、z 軸の正方向の移動距離は 8mm までとした。図 3、図 4、図 5 より照射位置が透明圧電フィルム内とその外側とでは、外側に比べ内側で大きな信号が発生する傾向を確認した。外側とは空气中にレーザー光を放出した状態を指す。照射光の波長は 1550nm であり、本実験で用いた透明圧電フィルムは正確には可視光に対して透明であるといえる。これら発生した PA 信号は透明圧電フィルムを構成するポリエチレンテレフタレート、酸化インジウムスズ薄、透明粘着剤、高分子圧電材のどれかまたはすべてから発生したと考えられる。透明圧電フィルムの外側であっても信号が検出された。z=15mm はすべての y 方向の移動範囲において、照射位置は透明圧電フィルムの外側であり、各厚さにおいて検出された信号はおおよそ一定であった。これら検出信号は測定環境も含めた実験系のノイズレベルと考えられる。図 3 の z=10mm(+), z=12mm(\times)、図 4 の z=12mm(\times)、図 5 の z=10mm(+)については後述するが、これらを除いて透明圧電フィルム内で y 方向、z 方向に依存した信号を検出することが出来なかった。とくに、z 軸の正方向の端に導線が接続されていることから、z 軸の正方向に PA 信号強度が増加することが期待されたが、このままで光音響画像装置の検出素子として機能しないことが判明した。図 3、図 4、図 5 を比較すると、厚さに比例して信号強度が増加することが確認できた。ここで、この透明圧電フィルムは圧電材を塗布して成膜されており、任意の塗布量で圧電材を塗布できれば、厚さの分布をもつ透明圧電フィルムが成膜できる。このような透明圧電フィルムの出力からひずみ、つまり、y 方向、z 方向に依存した信号を推定可能となる。図 3 の z=10mm(+), z=12mm(\times)、図 4 の z=12mm(\times)、図 5 の z=10mm(+)の照射位置は、高分子圧電材とポリエチレンテレフタレート%酸化インジウムスズ薄膜と z 軸の境界付近である。これらの照射位置における PA 信号はその他と比較して特異なものとなった。この原因として、塗布による膜厚精度は $\pm 1\sim 3\%$ あるが、高分子圧電材の辺縁部で膜厚精度の低下つまり塗りムラや、二層から三層に構造が変化することによる機械的特性の変化によるものと考えられる。y 方向の照射位置で層構造が変化する付近に照射された場合でも、図 3 と図 4 から脈流が確認できた。さらに詳細な調査が必要だが、格子状に塗布量の分布を有するように高分子圧電材を塗布できればより位置に依存した透明圧電フィルムから出力を得られると考える。</p>
------	---

研究のポイント	光学的に透明で比較的生体に近い音響インピーダンスを有する高分子系の圧電フィルムを光音響信号の検出系に用いた光音響画像化装置を開発するために、透明圧電フィルムについて基本性能について調査した。具体的には、厚さの異なる透明圧電フィルムに対して強度変調を施したレーザー光の照射位置を移動させて、透明圧電フィルムの出力信号を測定した。
研究結果	波長 1550nm のレーザー光の照射による信号出力が検出され、透明圧電フィルムからの PA 信号であることを確認した。 このことから、透明圧電フィルムは正確には可視光に対して透明であると言える。 電極付近などへの照射位置の違いによる出力信号の変化はすべての厚さ(20、30、40 μ m)の透明圧電フィルムで高分子圧電材の辺縁部を除いて確認できなかった。 しかし、厚さに比例して信号強度が増加することが確認できた。また、前述の高分子圧電材の辺縁部では、膜厚精度の低下つまり塗りムラや、層構造が変化することによる機械的特性の変化が信号強度に影響を及ぼしたと考えられる。
今後の課題	これらを積極的に利用することにより照射位置に依存した出力信号が得られると考えられる。 例えば、この透明圧電フィルムは圧電材を塗布して成膜することから、高分子圧電材を格子状に、さらに膜厚を位置に依存するように塗布して成膜した透明圧電フィルムが考えられる。

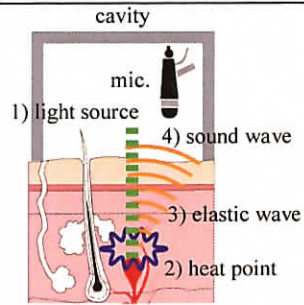


図1 光音響信号の発生機序

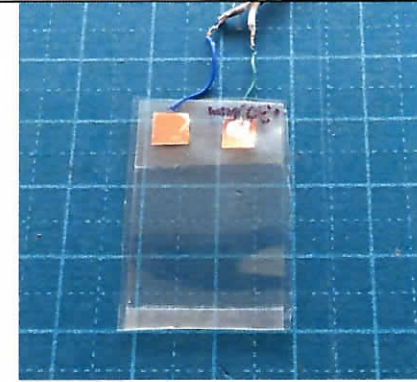


図2 透明圧電フィルムの外観

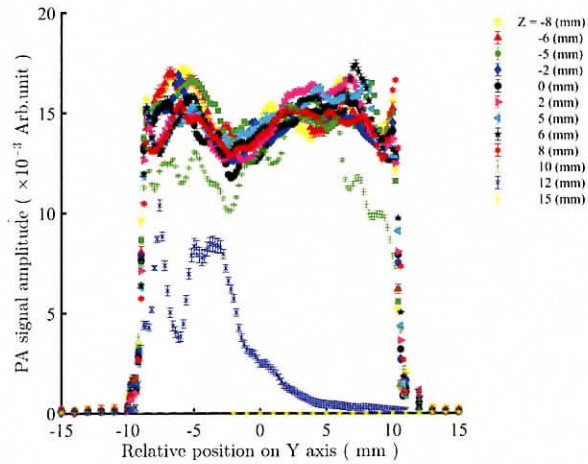


図3 励起光の照射位置に対する透明圧電フィルムの出力信号強度（厚さ；40µm）

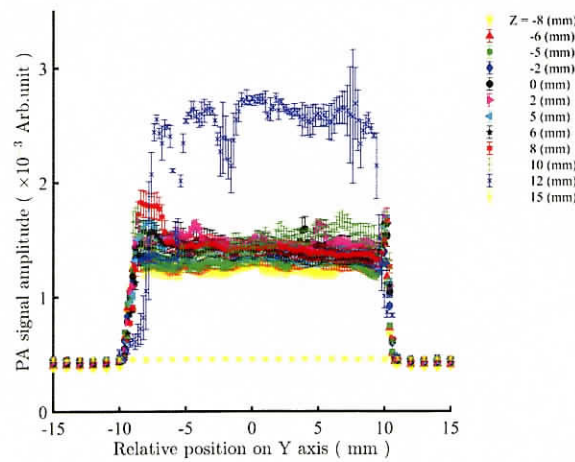


図4 励起光の照射位置に対する透明圧電フィルムの出力信号強度（厚さ；30µm）

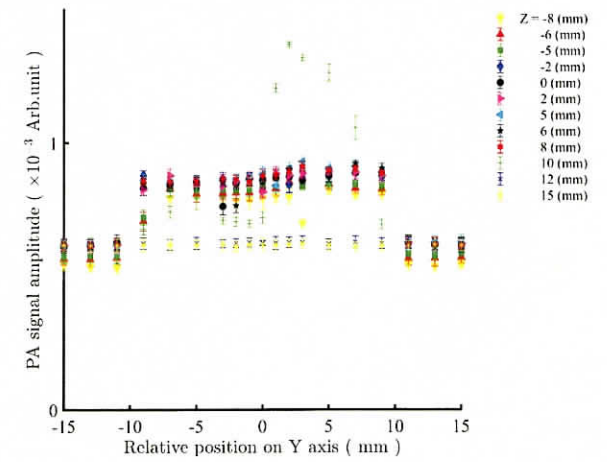


図5 励起光の照射位置に対する透明圧電フィルムの出力信号強度（厚さ；20µm）

(注：フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)