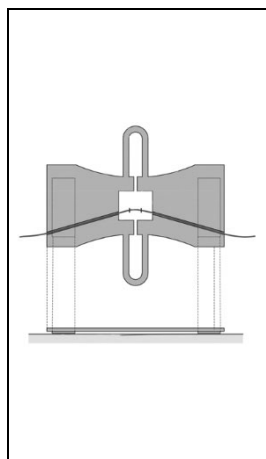


光を用いた音場・音響計測

早稲田大学 基幹理工学部 表現工学科
及川靖広



1. まえがき

音は空気の疎密変化であり、それが光に与える影響を検出することにより、音の光学的計測が可能である。音の計測には通常マイクロホンを用いるが、計測領域内にマイクロホンを設置することが困難である場合や、それらを設置することにより音場が影響を受けマイクロホンでの計測が困難な場合がある。しかし、光学的音響計測を適用すれば、マイクロホンでは計測が困難な音場を観測することが可能となる。音を非接触に計測することができる。

光学技術の音響学への適用は古くから行われてきた。光学的音響計測法は、光学技術の発展によって計測速度の向上や雑音量の低減が進み、計測可能音場が拡大されている。特に近年、偏光に感度を有する偏光高速度カメラの開発によって、高速かつ定量的に2次元光位相分布を計測する手法が実現された。この計測法（以下、偏光高速度干渉計と呼ぶ）を音場の可視化計測に応用し、高速・高空間分解能・高感度な可視化計測を実現した。偏光高速度干渉計は計測感度が周波数に依存しないという特徴があり、これまで光学的な瞬時可視化が困難であった周波数の低い音、特に可聴音場に対して有効である。このような特徴から種々の騒音源や楽器音の可視化計測への応用が期待されている。

解説論文¹⁾には、光学技術の音響計測への適用の歴史、光学的音響計測の原理、それを実現するシステム、偏光高速度干渉計を用いた並列位相シフト干渉法 (PPSI)、それを用いた音場可視化計測についてまとめられている。偏光高速度干渉計を用いた PPSI の開発により時間的にも空間的にも高分解能な音場の瞬時定量計測と可視化が可能となった。その提案は論文²⁾に始まり、論文³⁻⁶⁾らで概要を知ることができる。本稿では、偏光高速度干渉計を用いた音場計測の原理、偏光高速度干渉計を用いた PPSI の概要とそれを用いた計測例について紹介する。

2. 偏光高速度干渉計を用いた並列位相シフト干渉法 (PPSI)

2-1 原理

光学干渉を用いた音響計測手法では、音による光の位相変調を検出する。音場を透過した光の位相は

$$\phi_p(x, y, t) = k \frac{n_0 - 1}{\gamma p_0} \int p(\mathbf{r}, t) dz$$

と変化を受ける。ここで、 $\mathbf{r} = (x, y, z)$ 、 t は時間、 k は光の波数、 n_0 および p_0 は定常状態の空気の屈折率および圧力、 γ は比熱比、 p は音圧である。可聴音場において光は直進すると近似でき、積分は直線に沿って行なわれる。光の進行方向を z 軸とした。上式に示したように、音場を伝搬した光は経路上の音圧の積分値に比例した量 ϕ_p だけ位相が変化するので、それを抽出することによって光路上の音圧の積分値を計測可能となる。並列位相シフト干渉法に基づいた光学システムに偏光高速度カメラを組み込むことによって、音場の定量イメージングが実現できる。