

研究題名	レーザ光による音波検出と光マイクロホンの基礎研究	報告書作成者	園田義人
研究従事者	園田義人		
研究目的	<p>本研究は、光を用いた新しい原理に基づく非接触型音波検出法（総称：光マイクロホン）の提案とその基礎研究である。</p> <p>音波の検出手段として、従来より膜の機械的振動を電氣的に検出する種々のマイクロホンが用いられてきた。それらは100年以上に亘る開発の歴史を経て高感度の機器が提供されているものの、その基本方式は変わっておらず、振動膜という物体を用い、それを測定点（音場）に置かねばならないので、種々の欠点や制約が出るのが避けられない。</p> <p>一方、研究代表者等は従来よりプラズマ核融合の分野でレーザ光回折を用いた新しいプラズマ波動計測法の開発を行ってきたが、同法は一般に任意の屈折率波の測定に有効であることから、最近同法を音波・超音波の直接検出に適用する研究を行っている。</p> <p>これまで音響工学の分野で可聴音の検出に光を用いた研究例があるが、これらはいずれも膜（又は物体）の振動を用いている点で従来型のマイクロホンに近く、本研究の方法とは本質的に異なっている。一方、音響光学や超音波計測の分野では光回折が古くから研究されているが、これらは波長が非常に短い高周波超音波を対象としており、計測手法も本研究とは異なる。可聴領域の音波を光により直接計測する研究は、従来の方法では測定が困難となるため、これまで研究された例は見あたらない。</p> <p>以上の事情に鑑み、本研究では従来よりプラズマ波動計測法として開発してきたレーザ計測法を音波測定に適用することにより、①光回折を利用した音波検出法を確立し、種々の工学的応用に供すること、及び、②それらの結果を基に、振動膜を必要としない新しいマイクロホンを提案し、その開発に向けての基礎的知見を得ることを目的とする。この方法は多くの長所を有しているため、本研究により基礎技術を確立すれば、音響工学を始め種々の分野への広範な応用が期待できる。</p> <p>レーザビームを音波検出に用いる場合、受信器の形としては1次元から3次元までの構成が考えられ、それらはそれぞれ特有の受信指向性を有すると考えられるが、ここではそれらの基本的構成として直線状の1次元レーザビームに絞って、それによる基本的な音波受信特性を実験的に検討した。</p>		

## 研究内容

<原理と方法及び実験装置> (図1.原理図; 図2.回折光理論プロファイル; 参照) ここで用いるレーザー光回折による波動計測法は、レーザーをプローブビームとし、被測定波動によって生じる広義の回折波(波動による回折現象は、波動の波長が入射ビームの幅より長くなるにつれ偏向と呼ばれる現象に遷移して行くが、ここでは簡単のためこれらをまとめて広義の回折現象としている。)を検出することにより、被測定波動の情報を得ようとするものである。特に、レーザー光の透過ビームを回折波のホモダイン検波の局発成分として用いるため、極小角回折波の検出に優れ、長波長の波動の検出に適している。

<実験結果と検討>: 結果の一部を要約すると次のようになる。

回折光信号プロファイル: 理論で予測される回折プロファイルが得られることを実験により確認した。

音圧及びレーザーパワーと光出力信号の関係: 光出力信号は音圧及びレーザー入射パワーに比例することを理論及び実験の両面から明らかにした。(図3.音圧と光信号の関係、参照)

周波数特性: 音圧一定で周波数を変化させて光信号出力の変化を調べた。測定結果を図3に示す。10kHzから400Hz程度までは平坦で、それより低い周波数で信号強度が増大する結果が得られた。理論計算結果によれば低周波側で光出力信号は低下することが予測されるので、両者に不一致が生じた。この原因として光学系の設置台を通じての振動効果や実験室壁面での反射などの影響が考えられ、今後さらに詳細な検討を行う必要がある。

受信指向性(水平指向性及び垂直指向性): 直線型のレーザービーム全体が音波センサー部になっているので、光軸を含む面(水平指向性)と光軸に垂直な方向(垂直指向性)の2つに分けて指向性を検討した。光軸に対し水平及び垂直な面内で音波を放射するスピーカの向きを変化させて回折像の測定を行った結果、両ケースとも回折像に左右非対称性が出てくる結果が得られた。非対称性による不確かな部分を無視して指向性の概略値を求めると、両者とも90度程度(1kHz)であった。非対称性が生じることは理論的にも斜め入射時に一般に起こり得ることではあるが、今回の測定結果については音計測環境が十分でない点の影響を含むとも考えられ、さらに検討が必要である。

光信号強度のレーザーパラメータへの依存性: 本計測法では、光信号の大きさは屈折率に依存するが、使用するレーザーを可視域のHe-Neレーザー(赤色; 632.8nm)とした場合と、不可視の近赤外レーザー(1 $\mu$ m)とした場合と比較すると、その差は1%弱であり、可視域及び不可視域(近赤外)レーザーとも、ほぼ同等の条件で利用できるといえる。また、レーザービーム径については、被測定波動の波長の1/3程度のとき信号強度が最も強くなるのが理論的考察より分かる。

今後の課題: 最小検出音圧レベル及び感度などについては現在の実験室が音計測室として十分な環境でないため十分な測定ができなかったが、これらは今後の課題である。また、低周波領域の音波の測定について、音環境を整備してより詳細な検討を必要としている。

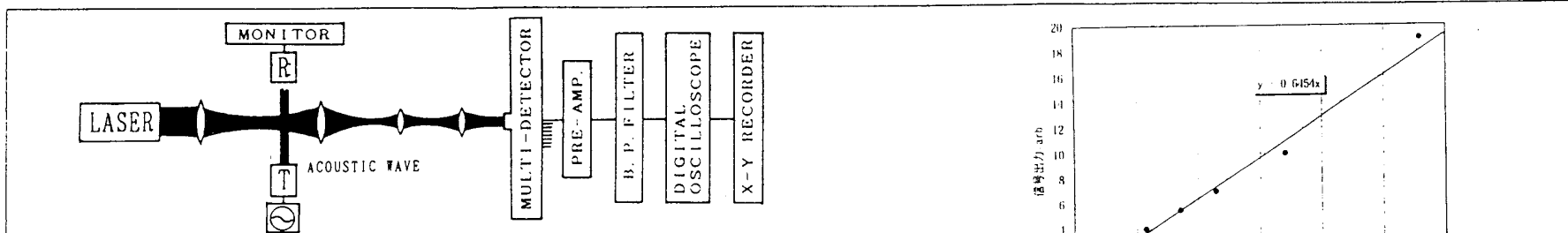


図 1. 原理及び実験装置の概要図

測定用レーザーにはHe-Neレーザーまたは半導体レーザーを用いる。音波の発振にはスピーカーを用いる。回折波は透過ビームの中を伝搬しているが、これを検出器（フォトダイオード）により検出し、音波の周波数で振動する電気信号を得る。

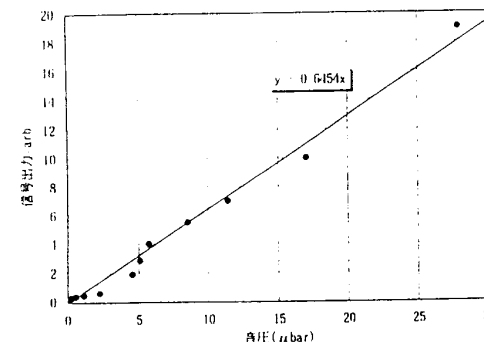
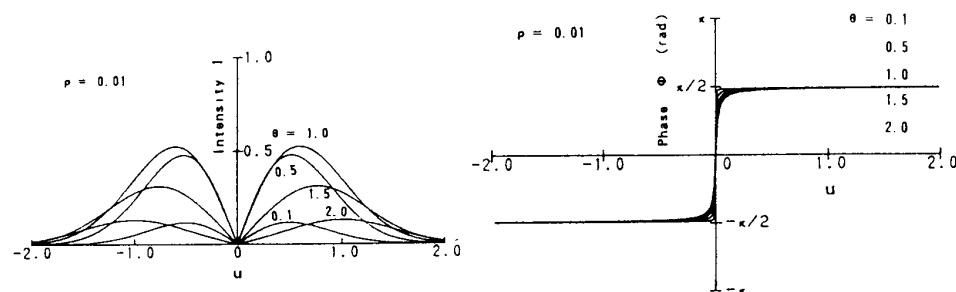


図 3. 音圧と光信号強度との関係



(a)強度分布 (b)位相分布

図 2. 回折光の理論プロファイル

一般に計測光学系を最適化すれば、回折像の空間強度プロファイルから被測定波動の周波数・波長特性が、また空間的位相プロファイルから被測定波動の位置や伝搬方向等の情報が得られる。

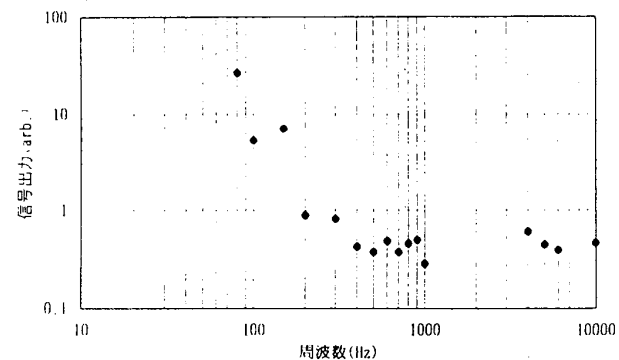


図 4. 周波数特性の測定結果 (音圧一定: 88.5dB) 低周波側で理論的予測と一致しない。この原因は現在の所は明らかでなく、さらに検討が必要である。

(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御使用下さい)

様式-10