

研究概要報告書

(/)

研究題目	ヤドリバエを模倣した超小型音源定位センサに関する基礎的研究	報告書作成者	小野順貴
研究従事者	小野順貴		
研究目的	<p>音源定位は、騒音源の推定、異常個所の検出、雑音環境下での特定信号の抽出、といった幅広い応用があるため、国内外を問わず数多くの研究が行われている。現状のほとんどの研究においては、従来の音圧型マイクロフォンをアレイ状に並べて信号を取得することは前提となっており、その配置法や後段の信号処理が研究の対象となっている。しかし、マイクロフォンを配置する空間を小さくしていった場合、マイクロフォン間の差信号は小さくなり、マイクロフォン間の感度差に埋もれてしまうため、従来のような方法では、音源定位システムの小型化は困難であった。</p> <p>このように空間的に異なる点で音信号を取得し、その差を用いて音源定位を行なうのは、生物も同様である。しかしながらヤドリバエという生物は、極めて小さな体長でありながら、優れた音源定位を行なうことが知られている。その体長は 1cm 程度、聴覚器官のサイズは 1mm 程度でありながら、75mm という自分の体長よりはるかに長い音信号の到来方向を検出することができる。近年、R.N.Miles, D.Robert, R.R.Hoy らの研究により、ヤドリバエの聴覚器官の構造やその振動モードが詳細に調べられ、その鼓膜が他の生物にない、独特の構造をもつことが明らかになった。</p> <p>本研究は、このヤドリバエ (<i>Ormia Ocracea</i>) の聴覚器官に着目し、その構造を適切にモデル化、一般化することにより、新しい音源定位センサ(マイクロフォン)構造の設計原理を確立し、従来のマイクロフォンアレイ技術では困難な超小型音源定位センサの実現を目指すものである。</p>		

研究内容	<p>1)ヤドリバエの聴覚器官のモデル化 微小な振動板に働く音圧勾配がモーメントとして働くことに着目し、ヤドリバエの聴覚器官(図 1)の構造を、a)中央支持型振動板による音圧勾配の最適検出機構、b)同相振動への感度調節による逆相振動の強調構造の 2点にモデル化した。</p> <p>2)ジンバル型振動板の提案 ヤドリバエの構造をセンサに導入するにあたって、ヤドリバエは左右方向のみの 1次元的な音源定位を行なっているが、我々はこれを 2次元に拡張することを試みた。この際、問題になるのは、いかにして中央を固定したままで、2次元的に任意の方向に自由に傾くことができる振動板を実現するか、という点である。我々はこれを解決する構造として、図 2に示すジンバル型振動板を提案した。</p> <p>3)ジンバル型振動板の試作 厚さ 30 μ m のリン青銅箔をエッチングすることにより、実際にジンバル型振動板を試作した。全体の直径は 21.6mm、ジンバルのビームの長さ、幅、リング部の幅は、いずれも 200 μ m とした。(図 3)</p> <p>4)音源定位の理論の構築 ジンバル型振動板の場合、同相振動はリング部の曲げ剛性が支配的、逆相振動においてはビーム部の抗力は十分小さいため、慣性モーメントが支配的となる。これに基づき、ジンバル型振動板の同相振動成分、逆相振動成分から、音源方向を定位する理論を構築した。</p> <p>5)実験による検証 図 4、図 5に示すような実験系により、試作したジンバル型振動板が音源方向を定位できるか検証を行なった。振動板には検出機構は組み込んでおらず、レーザ変位計により、外部からその振動を計測した。音源信号は 200Hz とし、振動板正面に対して 30 度の方向から音を与えた。音源信号の波長は 1.7m であるのに対し、音源から振動板の両端への経路差は 5mm 程度であり、1/300 以下の微小な位相差となる。実験結果としては、0.02 μ m 程度の逆相振動振幅が得られ、この微小な音圧勾配が検出されていることを確認した。また、図 6に示すように、音源方向が定位できることを確認した。</p> <p>参考文献 [1]小野,平田,安藤, "ヤドリバエを模倣した超小型音源定位センサの理論と実験," 第 18 回センシングフォーラム, pp.175-179, 札幌, 10 月, 2001 [2]小野,斎藤,安藤, "ヤドリバエを模倣した微分検出型音源定位センサの理論と実験," 聴覚研究会, pp.187-192, 東京, 3 月, 2002 [3] N.Ono, A.Saito, and S.Ando, "Bio-mimicry Sound Source Localization with Gimbal Diaphragm," Technical Digest of the 19th Sensor Symposium , pp.441-446, Kyoto ,May 2002</p>
------	---

研究概要報告書

(/)

<p>研究のポイント</p>	<p>本研究のポイントは、以下のようまとめられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)音源定位という問題に対し、音圧型マイクロフォンの使用を前提とせず、新たなセンサ構造を導出しようとしている点。 2)これにより、従来のマイクロフォンアレイ技術では困難であった音源定位システムの超小型化が可能になると考えられる点。 3)生物の聴覚器の構造を模倣している点。特に、単なる形状の模倣にとどまらず、物理的なモデル化を通じて、その原理を明確化している点。 4)シリコン微細加工技術を応用した、MEMS(微小電子機械システム)技術、マイクロマシン技術に対して、新しいセンシング機構や構造を提供する可能性を有する点。 5)波源定位センサとして、より一般的に応用できる可能性がある点。具体的には、水中音源定位センサ、超音波源定位センサ、電界源定位センサ、磁界源定位センサ等。
<p>研究結果</p>	<p>本研究の成果は、以下のようまとめられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ヤドリバエの聴覚器の、微小な音圧勾配を検出する構造を、a)中央支持型振動板構造、b)同相振動への感度調節機構、の2つにモデル化したこと 2) これらを平板1枚で実現する構造として、ジンバル型振動板を提案したこと 3) ジンバル型振動板の各振動モードの振動から、音源方向を定位する理論を明らかにしたこと 4) リン青銅をエッチングすることにより、ジンバル型振動板を実際に試作したこと 5) 実験により、ジンバル型振動板が、微小な音圧勾配を検出しており、その振動から音源方向が定位可能であることを確認したこと
<p>今後の課題</p>	<p>本研究の今後の課題は以下のようまとめられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ジンバル型振動板の設計法の確立。具体的には、周波数レンジや感度と、ジンバル構造のパラメータとの関係の導出。 2) ジンバル型振動板への適切な検出機構の組み込み。具体的には、静電検出型、ひずみ検出型の検討。 3) シリコン微細加工技術を用いた、超小型音源定位センサの試作。

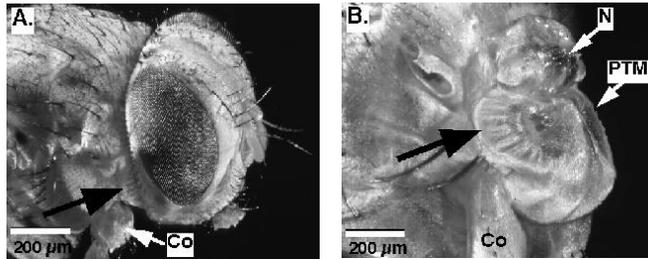


図 1: ヤドリバエの写真。(A)頭部切除前、
(B)頭部切除後。黒矢印先端が聴覚器官

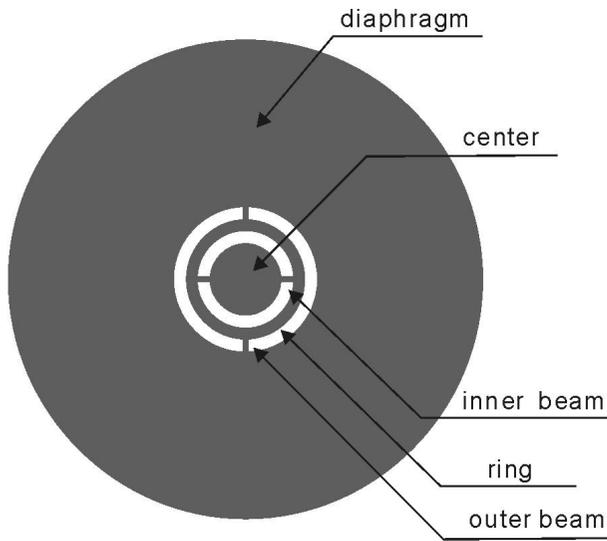


図 2: ジンバル型振動板。細い 2 組の梁
(inner beam, outer beam) がねじれることにより
振動板は 2 次元的な任意の方向に容易に傾く
ことができる

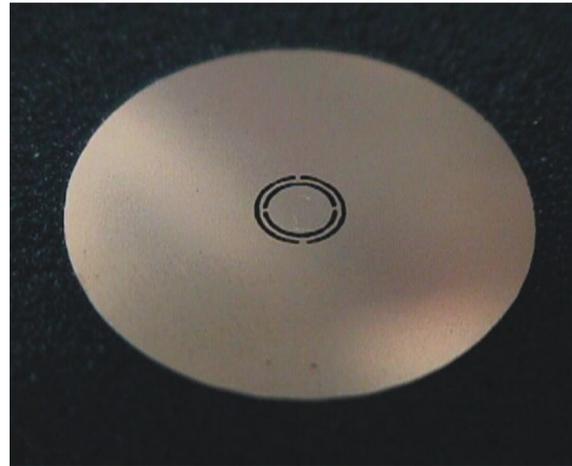


図 3: 試作したジンバル型振動板。厚さ $30\mu\text{m}$
のリン青銅をエッチングして試作。

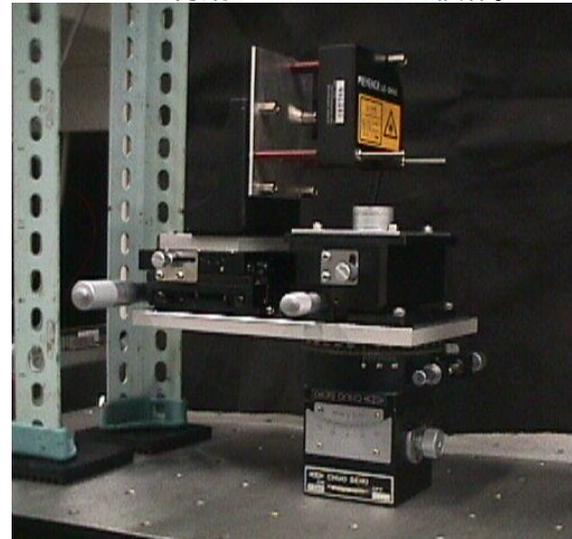


図 4: 実験系の写真

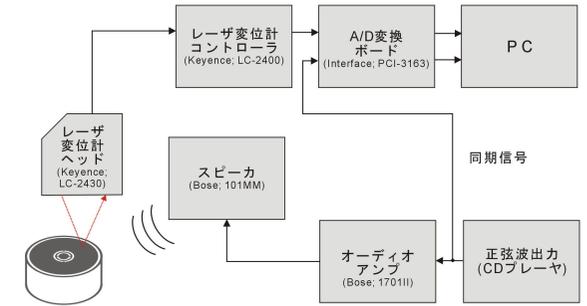


図 5 実験系のブロック図

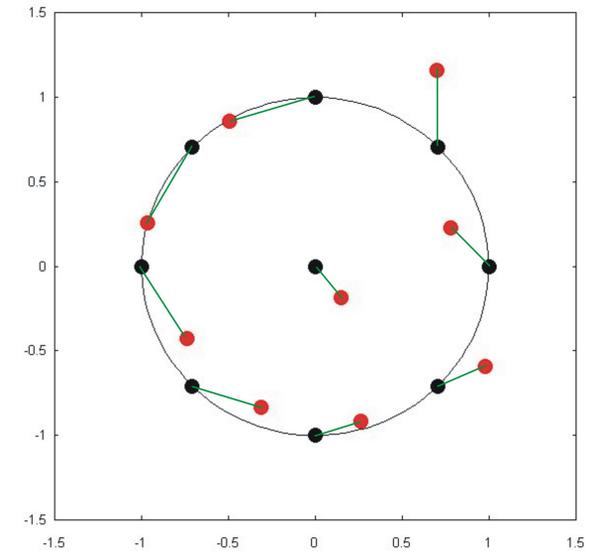


図 6: 音源定位結果。黒が正しい音源方向
赤が実験により定位された方向