

研究概要報告書

(/)

研究題目	格子ボルツマン法を基礎とした音場の直接計算手法の確立	報告書作成者	蔦原 道久
研究従事者	蔦原 道久, 片岡武		
研究目的	<p>流体の流れから生じる音は,流体音あるいは空力音などと呼ばれ,具体的にはジェット機の騒音から風きり音,エッジ音,キャビティ音,ジェットのスクリーチなど,非常に一般的に観測される音の原因である.この流体音は,当然ながらベースになる流れの様相と密接に関わっている.この流体音の場を流れと同時に解くことのできる,汎用的な数値計算手法を確立する.仮想粒子の運動を追跡することにより,連続体としての流体運動をシミュレートする格子ボルツマン法を基礎とし,複雑形状物体周りの流れも精度よく計算ができ,安定でかつ高速に計算が可能な手法を開発する.</p> <p>また,計算の前処理すなわち物体形状生成あるいは計算格子生成には,市販の格子生成ソフトを用い,また後処理にも市販の可視化ソフトと組み合わせることにより,ユーザーがきわめて容易にソフトを使用できるよう配慮することにより,騒音の直接解析をパソコンによる計算により,容易に行うことを可能とする.</p>		

研究概要報告書

(/)

<p>研究内容</p>	<p>これまで一般に用いられている音場の計算手法は、流れと切り離れた音源を含む音場の方程式を解くものであった。この考えを基礎としたモデルはいくつか提案されているが、音源項に何らかの近似の入れ計算の効率化を図っている。音波の位相や音波そのものの非線形効果などを考慮する場合、また音場が流れにフィードバックする場合（実際の現象にはしばしば現れるなど、流れ場と音場の同時計算が必要となる）。</p> <p>一方格子ボルツマン法の圧縮性流体に対するモデルは、これまで計算において不安定であるといわれてきた。我々はこのモデルに、安定な差分スキームを適用することによりきわめて安定に計算することが可能であることを示し、また高速に計算できる（時間刻みを大きくとることができる）スキームを開発した。このスキームにより、空間3次精度、時間2次精度で円柱周りに発生する風き音（エオルス音）の計算において、上記の差分計算に匹敵する結果を得ている。この手法をソルバーとして、市販の格子形成ソフト、可視化ソフトと組み合わせ、計算機負荷の小さい汎用的なソフトの開発をおこなった。具体的には、神戸大学所有の市販CFDソフト「CFD2000」の前処理ソフト（格子生成ソフト）により、格子生成と境界条件設定をおこない、そのデータを格子ボルツマンソルバーが読み込むことにより流れ場の計算を行い、これを研究費で購入した可視化ソフト「FIELDIEW」により流れを可視化するシステムである。</p> <p>空力音は複数の物体が流れに存在し、上流の物体から放出される渦と下流の物体との干渉により発生するケースが多く、流れ場の中に多数の物体を配置することも可能である。また物体から発生する空力音は、物体に働く流体力と密接な関係があり、流体力の計算も必要である。複数物体に対しそれぞれの物体に働く圧力を積分し、粘性による応力をのぞいた流体力を求めることも可能とした。</p>
-------------	--

研究概要報告書

(/)

<p>研究のポイント</p>	<p>計算精度の高い差分格子ボルツマン法における,圧縮性流体モデルを安定に勝高速に計算するスキームを開発し,流れ場と音場との同時計算が可能なソフトウェアを開発した.このソルバーを市販の前処理ソフト(格子生成ソフトと境界条件設定ソフト)と後処理ソフト(可視化ソフト)と組み合わせ,パソコン上で容易に音場の直接計算が可能となる.</p>
<p>研究結果</p>	<p>新しく開発した格子ボルツマン法をベースにした流体計算ソフトにより,2次元円柱周りの流れを計算しエオリア音(風切り音)のシミュレーションを行った.これまでも流れのマッハ数が比較的大きな場合($M > 0.2$)には,良好な結果が得られていたが,より小さなマッハ数においても十分な精度での結果が得られた.また噴流がエッジに衝突して生じるエッジトーンについても,フィードバックと思われる現象もとらえることができ,ソフトの性能は極めて高いことが分かる.</p>
<p>今後の課題</p>	<p>空力音の直接計算は,計算領域を非常に大きくとることと,流れ場を正確に解く必要があることから,きわめて計算機の負荷が大きい.2次元の計算はパソコンレベルで半日から数日の計算で結果がでるが,3次元となるとやはり並列計算に頼らざるを得ない.元来格子ボルツマン法は局所的な計算で進めることが可能であり,現在プログラムの並列化の作業を進めている.</p>

格子ボルツマン法の圧縮性流体に対するモデルは、これまで計算において不安定であるといわれてきた。我々はこのモデルに、安定な差分スキームを適用することによりきわめて安定に計算することが可能であることを示し、また高速に計算できる(時間刻みを大きくとることができる)スキームを開発した。このスキームにより、空間3次精度、時間2次精度で円柱周りに発生する風きり音(エオルス音)の計算において、上記の差分計算に匹敵する結果を得ている。この手法をソルバーとして、市販の格子形成ソフト、可視化ソフトと組み合わせて、計算機負荷の小さい汎用的なソフトを開発する。これにより手軽に流れの計算と音場の同時計算が可能となる。3次元の計算ソフトまで開発したが、2次元の結果のみを示す。

図1は円柱周りの流れと音場を同時に計算したもので、円柱は図のほぼ中心におかれ、流れは左から右に流れている。音波は円柱から流れに垂直な方向に放射され、色の濃い部分が圧力が高く、上下で逆の位相の音波が出ていることがわかる。これはエオルス音とよばれる風きり音の代表的なものである。

図2は噴流がエッジに当たって生じるエッジ音における、音圧場である。この場合もエッジ上下に逆位相の音波が放射されているが、この音波が上流の噴流に影響し、噴流の状態を変化させエッジから放射される音波の周波数を変化させるフィードバック機構が存在する。図3はある点での音圧の時間変化を表しているが、時刻のところで周波数が2倍となりその後変化していない。これはフィードバック機構により周波数が安定に固定されたためと考えられる。このようにこのソフトは、空力音のシミュレーションにきわめて有効であるということがわかる。

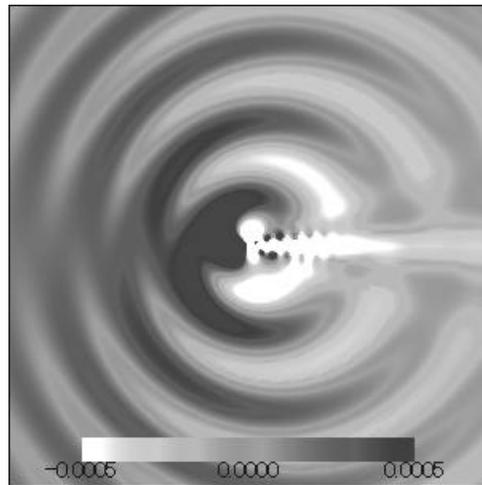


図1 円柱からのエオルス音

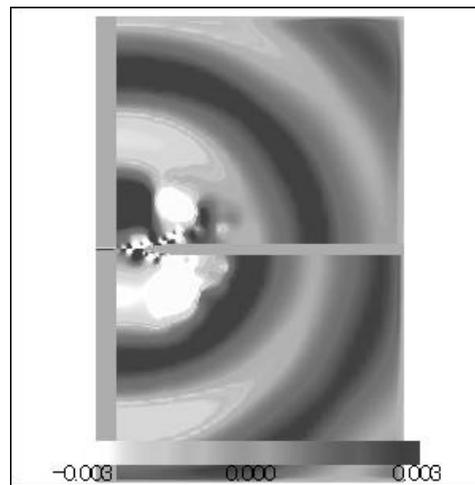


図2 エッジ音

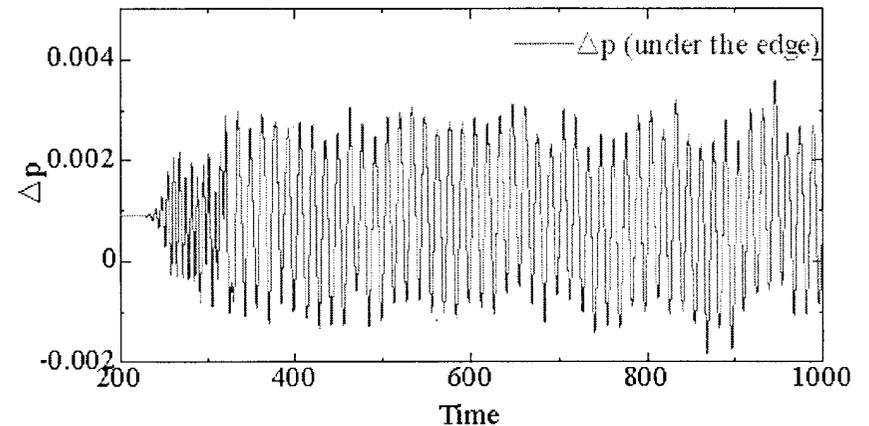


図3 エッジ音の音圧波形