研究概要報告書

（　/　）

研究題目	**空力騒音の効率的制御法の開発**	報告書作成者	比江島慎二
研究従事者	比江島慎二		
研究目的	ジェット騒音に代表されるような，強いせん断を伴う流れから発生する流体励起音を空力音と呼ぶ．音の発生源は主に流れに含まれる渦であり，その発生に部材振動などの固体振動は関与せず，純粋に流体力学的作用により発生する．空力音は騒音レベルにして 100dB を越えるような大音響を発生することもあり，しばしば周辺環境に騒音問題を引き起こす．近年の構造物の高層化や長大化あるいは交通機関の高速化などにより，様々な構造部材が強風下にさらされる機会が増えており，住宅のベランダの手すり，橋梁高欄の平板列，高速鉄道車両のパンタグラフ，あるいは風力発電のプロペラ等が空力音の新たな発生源となり，空力音は我々のより身近な生活環境の中で多くの悪影響を及ぼしつつある． 空力音の発生源は物体周辺の剥離流れに形成される渦であるが，空力音の制御のためには音源となる流れあるいは渦そのものの制御が有効かつ効率的な手段と考えられる．本研究では，微小な流速撹乱を構造物周辺の剥離流れに付加することにより，物体周辺の流れや渦の放出特性を変化させ，空力騒音を効率的に制御する手法の開発を目的とする．		

研究概要報告書

研究内容	空力音の原因となる周期渦を制御するため，周期渦変動を打ち消すような位相の流速撹乱を物体周辺流れに付加する手法について検討した．物体下流に周期渦変動をとらえるための監視点を設け，その点での流速変動を物体表面の撹乱点にフィードバックすることにより制御撹乱を発生する．典型的な空力音発生源であるキャビティと円柱断面を対象とし，フィードバックの際に様々な時間遅れと制御ゲインを与え，空力音あるいは周期渦に対する制御効果や制御効果に与える各種パラメータの影響などについて検討した（図-1，2）． キャビティ流れの場合，下流エッジ付近に監視点を置き，上流エッジ部に撹乱点を設けて，以下の項目について解析した． (1) 制御効果に与えるフィードバック時の時間遅れと制御ゲインの影響 (2) 撹乱付加による空力音の音圧分布の変化 (3) 撹乱付加による空力音の音源分布の変化 (4) 撹乱付加による周期渦放出特性の変化 (5) 周期渦の抑制メカニズムおよび増幅メカニズムの解明 円柱周辺流れの場合，円柱下流の中心軸上に監視点を設置し，円柱表面上2カ所の撹乱点から逆対称撹乱を発生した．検討項目は以下のとおりである． (1) 監視点と撹乱点の位置による制御効果の違いとその原因 (2) 制御効果に与えるフィードバック時の時間遅れと制御ゲインの影響 (3) 撹乱付加による周期渦放出特性の変化 (4) 3次元流れにおける制御効果

研究概要報告書

研究のポイント	この制御手法は，剥離せん断層の不安定性を利用して微小流速撹乱を増幅させ，剥離せん断層内に強い変動成分や孤立渦を励起する．励起された変動あるいは渦を空力音の原因となる渦と干渉させ，空力音の発生源を抑制しようとするものである．剥離せん断層における撹乱の増幅効果を利用するため，小さな制御エネルギーによる低コストの流れ制御が期待でき，空力騒音に対する極めて有効な制御法となる可能性がある．さらに，風により構造物が振動する空力弾性振動や，流体中の部材が疲労破壊を生じる流体励起振動などの制御も可能であり，さまざまな工学分野での応用が期待できる．
研究結果	キャビティと円柱周辺流れの周期渦に対してフィードバック撹乱を付加する解析を行った結果，以下の知見が得られた． (1) 撹乱に与える時間遅れが適切でない場合，フィードバック増幅機構により周期渦の変動が増幅してしまうこともあるが，適切な時間遅れと制御ゲインを選択すれば周期渦をほぼ完全に抑制することができる．（図-3，4） (2) 円柱周辺流れにおいて渦の巻き込み位置よりも下流に監視点を置いた場合，渦放出周期の増加に伴う渦変動と監視点流速の位相差の変化によって，渦変動と制御撹乱の位相差にもずれを生じ，制御効果が低下するケースがある． (3) 3次元流れに対しても，良好な制御効果が得られた
今後の課題	今後，2次元平面内に複数の監視点を設けたり，3次元方向への監視点数や撹乱点数の取り方を様々に変えるなどして，さらに効率的な制御方法について検討していく必要がある．また，後流の流速をフィードバックする代わりに，揚力変動や物体表面の圧力変動をフィードバックするなどの方法も考えられる．さらに，キャビティや円柱以外に周期渦を伴う様々な物体断面形状や振動物体周辺流れへの適用，より高い Re 数や乱れた流れの中での効果など，検討すべき課題はまだ多く残されている．

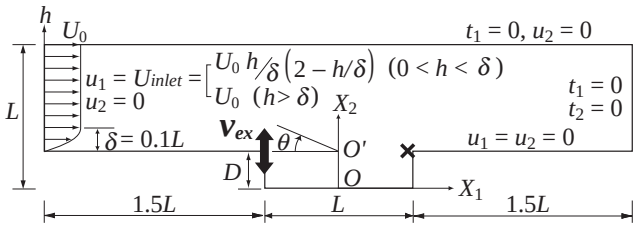


図-1 キャビティ流れへのフィードバック撹乱付加

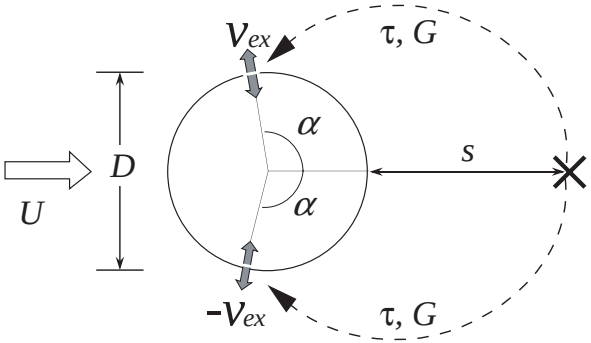
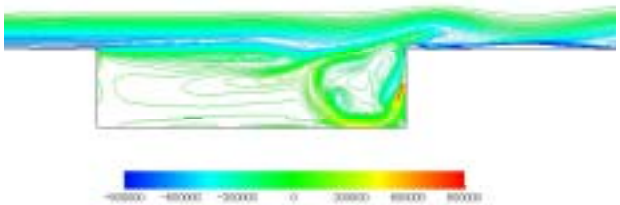
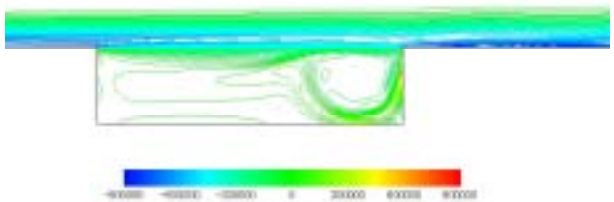


図-2 円柱周辺流れへのフィードバック撹乱付加

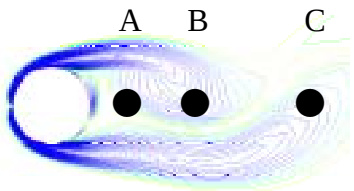


(a) 渦増幅時の流れ

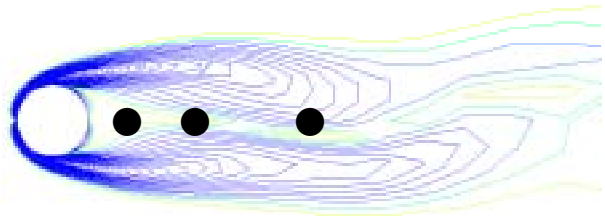


(b) 渦制御時の流れ

図-3 撹乱による渦の増幅および抑制（キャビティ）



(a) 撹乱なしの流れ



(b) 渦制御時の流れ（監視点 C）

図-4 撹乱による渦の抑制（円柱）