



令和元（2019）年6月20日

流体関連機器まわりの流れと音の予測

～自動車、高速鉄道、ファン、楽器まわりの流れや発生音～

<概要>

自動車や高速鉄道などの高速輸送機関、ファンからの騒音、リコーダーなど楽器からの発音はいずれも流れから発生する音が関連しており、その発生機構を解明することは様々な工業製品の開発における重要な課題です。こうした機器周囲の流れや音を計算機により高い精度で予測する手法を提案し、音の発生機構や発生条件を明らかにしました。

<詳細>

電気自動車の普及などにより、エンジンから発生する音は低減しており、周りの流れから発生する音の寄与は大きくなっており、その発生音を制御することが必要となっています。また、図1に示すようなパソコンなど電子機器の冷却に使用されるファンにおいては、必要な流量を発生させる性能と低騒音を両立する必要があり、周囲の流れと音を設計段階で明らかにすることが望まれています。

流れから音が発生するメカニズムを厳密に明らかにするためには、流体や音の基礎方程式を直接計算する必要があります。実際の工業製品を対象としてこうした計算を行う場合、①音波のような微小な圧力変化の伝わりを解析することが困難、②計算に必要となる時間・計算機性能（計算コスト）の増大などの問題がありました。われわれは、この問題を解決するため、高い精度を有する計算手法を開発してきました。本手法により、流体機器において多くみられるキャビティと呼ばれる溝形状（図2参照）や自動車グリルなどに見られる平板列まわりの流れにおいて、特定の周波数で発生するピーク性の強い音が、流れと音が相互に作用し合うことで発生する機構を明らかにしました。

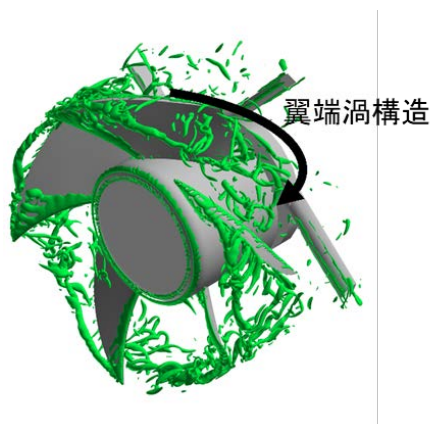


図1 軸流ファン周りの流れ

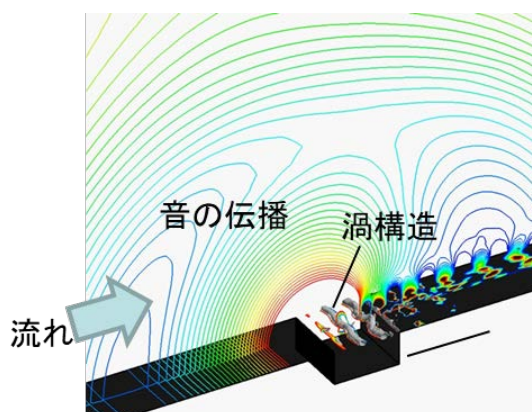


図2 溝部（キャビティ）から発生する音波

従来このような手法では複雑な物体形状や移動境界問題を扱うことが難しかったですが、一様な単純な計算モデルにおいて物体がある領域・流体の領域を区別し、物体のある領域では流れの基礎方程式を修正することで、物体周りの流れを再現する手法を提案しました。この手法により軸流ファンやリコーダーのような楽器など**実際の工業製品まわりの複雑かつ移動境界を有する流れ場**からの発生音の解析を可能としました。特に、企業で利用している CAD データから物体の領域を自動的に検出し、計算体系の中に取り込む手法も開発し、汎用的なプログラムとなるよう開発しています。

<開発秘話>

ある工業製品において、ピーク性の強い音が観測され問題となり相談を受けたことがありました。しかし、その音を計算機による数値計算において再現しようとしても、なかなか実験と同様の音が観測されず 3 年ほど試行錯誤しました。実際にはその製品の上流において加速した流れになっており、そこを合わせることで精度の良い数値計算が可能となりました。

<今後の展望>

本研究成果は、今後様々な工業製品の低騒音化技術・発生音の制御に貢献すると期待されます。また、ファンなどの流体関連機器において低騒音を保ちながら流体エネルギーを有効に用いるための省エネルギー技術や、音響エネルギーを有効活用し熱移動を行う熱音響機器などの開発においても貢献すると期待されます。

<論文情報>

- ① [Hiroshi Yokoyama](#), Chisachi Kato, “Fluid-acoustic interactions in self-sustained oscillations in turbulent cavity flows. I. Fluid-dynamic oscillations”, *Physics of Fluids*, Vol.21, 105103, pp.1-13, 2009.
- ② [Hiroshi Yokoyama](#), Katsuya Kitamiya, Akiyoshi Iida, “Flows around a cascade of flat plates with acoustics resonance”, *Physics of Fluids*, Vol.25, No.10, 106104, pp.1-22, 2013.
- ③ [Hiroshi Yokoyama](#), Akira Miki, Hirofumi Onitsuka, Akiyoshi Iida, “Direct numerical simulation of fluid acoustic interactions in a recorder with tone holes”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.138, pp.858-873, 2015.
- ④ 養和克武, [横山博史](#), 板垣来翼, 飯田明由, “ケーシングスリットがファン騒音に及ぼす影響についての圧縮性流れ解析による分析”, *ターボ機械*, Vol.47, pp.219-226, 2019.

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 前田・高柳 TEL:0532-44-6506