

サイレンサの空力音シミュレーション ～サイレンサで発生する騒音の抑制を目指して～

研究・開発機関 : 株式会社神戸製鋼所、豊橋技術科学大学
 利用施設 : スーパーコンピュータ「富岳」、
 東京大学スーパーコンピュータ「Wisteria-O」
 計算規模 : 富岳 400ノード90時間程度、
 Wisteria-O 200ノード180時間程度
 利用ソフトウェア : 自作コード

Before

- 圧縮機のサイレンサでは、内部の流れにより周期的な渦が発生しサイレンサ自体が騒音源となることがあります。
- 従来は実験で騒音抑制構造を検討していましたが、実験ではサイレンサ内部の詳細な現象把握が困難でした。また、この現象をシミュレーションするには流体と音響を同時に計算する必要があり、それには大規模な計算が必要でした。

After

- 「富岳」などでの大規模計算の実現により、サイレンサ内部の流体と音響を同時に計算することが可能となりました。これにより、サイレンサ内部の渦と音の詳細な関係性が明らかになりました。
- シミュレーションにより詳細な現象を把握することで、より有効な騒音抑制構造の検討が可能となりました。

背景と目的

圧縮機は周期的に圧縮したガスを送り出すため、この周期に対応した周波数で騒音が発生します(脈動音)。そのため脈動音を低減するサイレンサが用いられますが、サイレンサ内部をガスが通過する際に脈動音とは異なる周期で渦が発生し、サイレンサ自体が別の騒音(空力音)を発生することがあります。

このサイレンサ空力音は、一定の流速条件で特に大きくなり、流体現象と音響現象が相互に作用していることは分かっていたのですが、詳細な現象は明らかになっていませんでした。この現象をシミュレーションで詳細に再現するには、流体と音響を同時に計算する必要がありますが、計算コストが高いため、従来は実験で空力音の抑制構造を検討していましたが、実験ではサイレンサ内部の渦や音の伝搬といった現象を詳細に確認することが難しく、より有効な騒音抑制構造を検討するためには詳細に現象を把握する必要があり、「富岳」などでの大規模計算によるサイレンサ空力音のシミュレーションを実施しました。

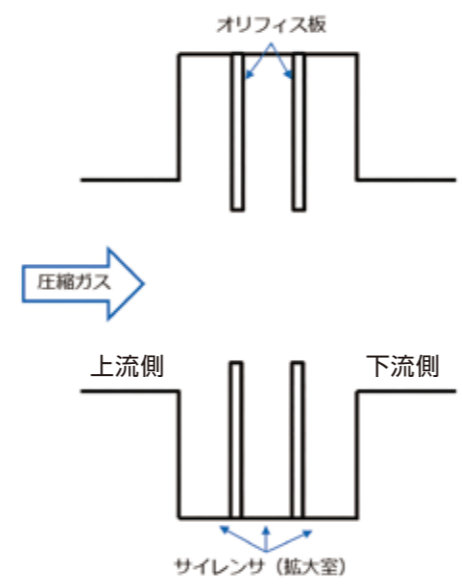


図1 サイレンサ形状(断面)

■ 利用成果

「富岳」などスパコンを活用した圧縮性流体解析によりサイレンサ内部の流体現象と音響現象の同時計算が実現しました。これにより、サイレンサ内部で発生する渦構造と音の伝搬の関係性が明らかとなりました(図2)。この条件では、2枚のオリフィス板(図1参照)の間でリング状の渦が発生し、下流側のオリフィス板に渦が衝突することで音が発生しています。発生した音は上流側のオリフィスに伝搬し、渦の発生を促進しています。このように、渦と音が相互に作用していることがシミュレーションで確認できました。また、オリフィス板で発生した音は下流にも伝搬しており、サイレンサ内部だけでなくさらに下流にも影響していることが確認できます。次に、流速を変えた条件で計算したところ、流速によって発生する渦の形状や音圧分布が変化することが明らかとなりました(図3)。図3(a)では、スパイラル状に進む渦が発生しており、音圧分布はそれに対応して円周方向に位相差が生じています。図3(b)でもスパイラル状の渦が発生していますが、渦の間隔が狭く音圧分布にも影響を及ぼしています。図3(c)では、リング状の渦が発生しており、音圧分布は円周方向に同位相となっています。このように、流体現象と音響現象を同時に計算することで、異なる流速による渦の形状に対応した音圧分布が発生することが分かりました。今後は、渦構造や音圧分布に注目してサイレンサから発生する空力音の抑制につなげていきたいと考えています。

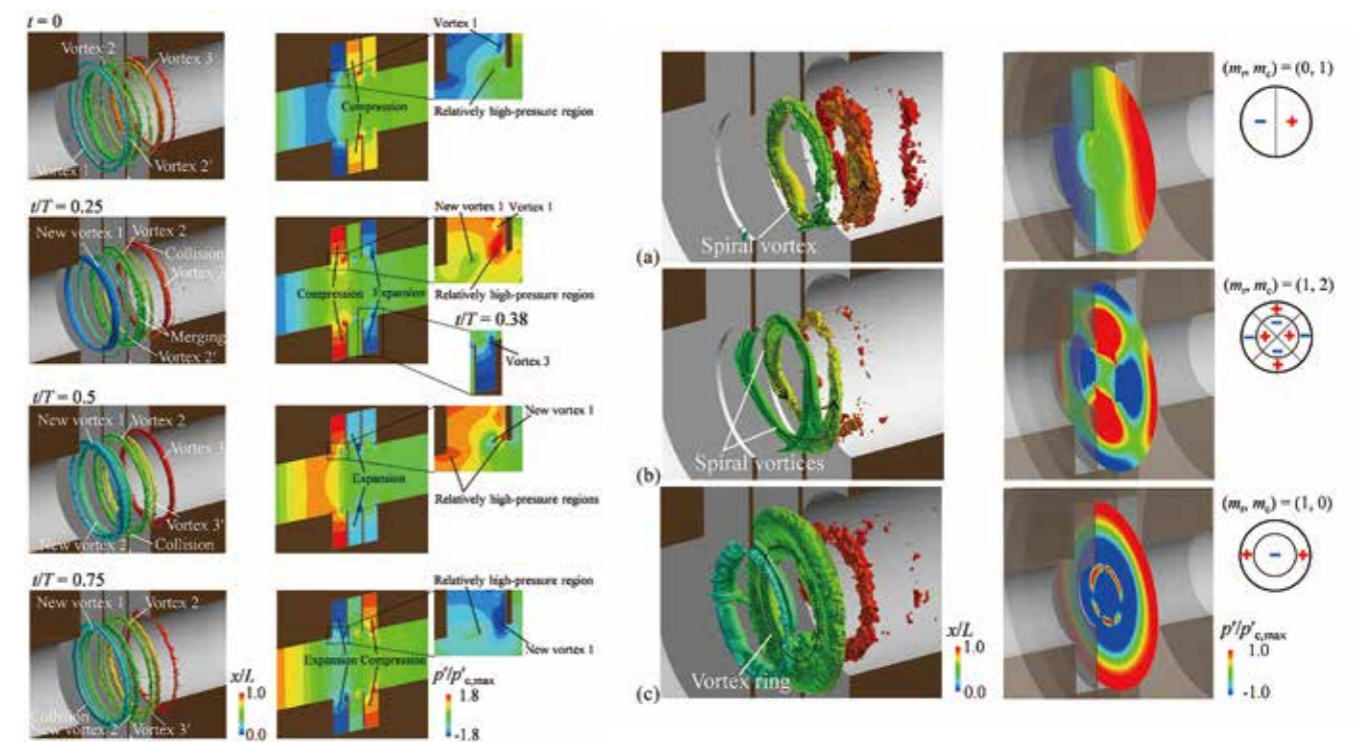


図2 サイレンサ内部の渦構造(左)と音圧分布(右)^[1] 図3 3種類(a,b,c)の流速条件での渦構造(左)と音圧分布(右)^[1]

出典: [1] Akitomo Fukuma, Manato Kawai, Nini Furukawa, Kenji Kawasaki, Ichiro Yamagiwa, Masahito Nishikawara, Hiroshi Yokoyama, "Fluid-acoustic interactions around an expanding pipe with orifice plates", Physics of Fluids 36, 036116(2024).