

新技術紹介

リザーバタンク冷却液の流動音簡易予測

Flow Sound Simplicity Forecast of Reservoir Tank Coolant

丸田 康博*1

1. はじめに

近年、ハイブリッド車（HV）や電気自動車（EV）など次世代エコカーの普及が進んでおり、車内静粛性への対応が必要不可欠となっている。

弊社の機能部品製品にリザーバタンクがあり（図-1）、静粛性向上が必要な製品のひとつである。リザーバタンクでは、冷却液の貯留と気泡の分離を行っているが、液面が激しく動いているため、流動音が生じ易い。タンク設計時に流動音を考慮する必要があるが、現状は試作品で音の確認を行っている。そのため、規定値以上の流動音が発生すると、設計から試験までを繰り返す必要があり、製品開発リードタイムが長くなる。

そこで、製品開発リードタイム短縮に向けて、CFD（Computational Fluid Dynamics）解析による流動音の予測を確立した上で、タンク設計の一助となる簡易な流動音予測ツールを開発したので紹介する。

2. 流動音の予測

流体騒音にはLighthill理論等があるが、気液混合での圧力振動を厳密に解いて流動音の発生を捉えるには相当の計算リソースが必要となる。

今回は、流動音が発生する際の液面の動きに着目し、液面の乱れエネルギーから流動音の予測を行うため、相関の確認を行った。ここで、タンク内は気液二相が存在するため、解析手法としてVOF法（Volume-of-Fluid Method）を用い、乱れエネルギーはタンク内液面の平均値とした。また、試験での流動音は音圧レベルを測定し、暗騒音を減じ

た数値を用いた。

確認試験としてタンク製品を用い、水位の変更を行いながら流動音の測定を行った。解析も同様に実施した結果、実際の液面の動きを再現し、流動音と液面の乱れエネルギーに相関があることが確認出来た（図-2）。

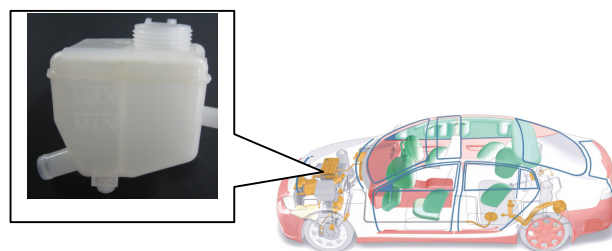


図-1 リザーバタンク

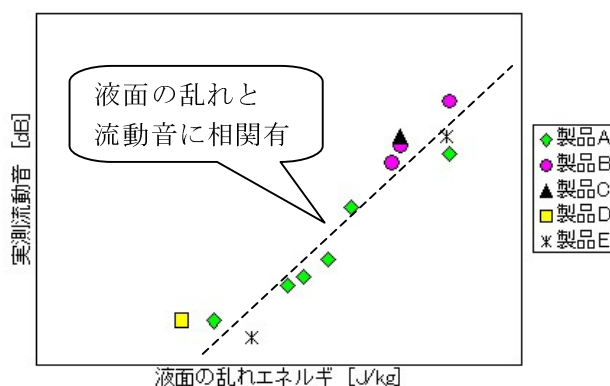


図-2 リザーバタンクの実測と解析の比較

*1 Yasuhiro Maruta デジタルエンジニアリング部

これはタンクに流入した流れが壁に衝突し、飛び跳ねた液が液面に落ちて気泡を巻き込むことで音が発生しているためと考えられる（図-3）。液の飛び跳ね現象は、タンク形状や水位に依存していると推測され、これらの設計パラメータから液面の乱れが予測できれば設計時に流水音が特定できることになる。

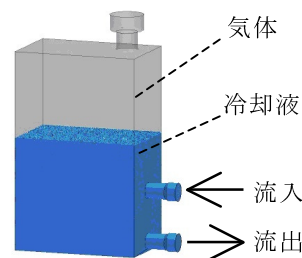


図-4 リザーバタンクの原理モデル

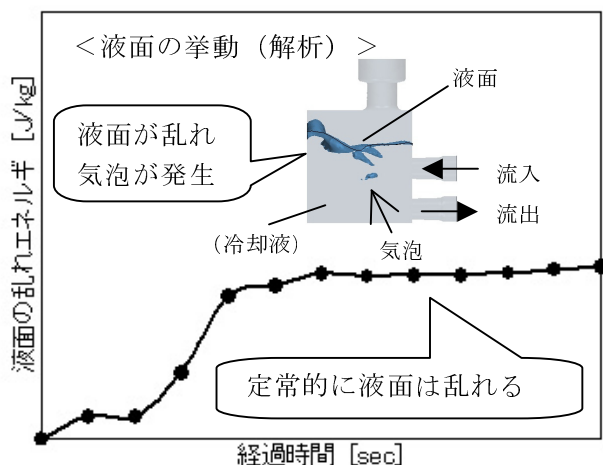


図-3 液面の挙動と乱れエネルギーの推移

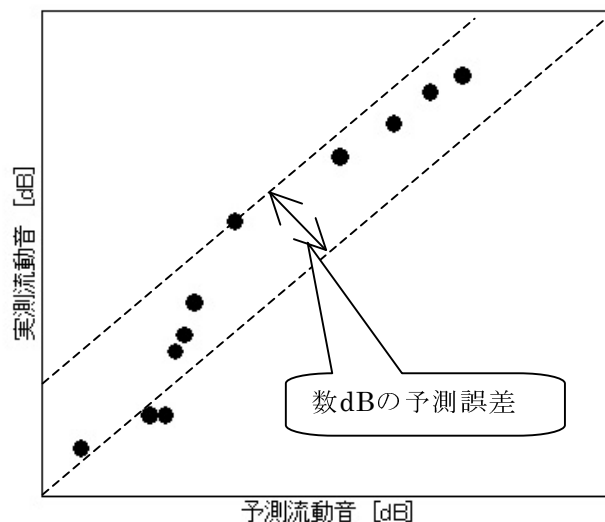


図-5 流動音の実測値と予測値の比較

3. 簡易予測ツールの開発

設計時に流動音を予測するため、タンクの原理モデル（図-4）に実験計画法の応答局面解析を適用したCFD解析を行い、得られた回帰係数から予測式作成を行った。因子としては、タンク設計時に既知となるパラメータを用いるように留意し、数値範囲としては既存のタンク形状を網羅するよう設定した。

得られた予測式の予測精度を確認するため、タンク製品において測定値と比較を行った。その結果、原理モデルより複雑な形状でも数dBの誤差で予測が出来ていることが確認出来た（図-5）。予測値が低く見積もられる傾向にあるが、音が発生している液面以外の乱れも平均化しているため、音が発生する局所的な範囲を的確に判断していくことで精度向上に繋がると考える。このように設計パラメータのみで流動音予測が出来ることが確認でき、設計者が数値入力を行うだけで流動音が表示されるツールを開発できた。

4. おわりに

圧力振動という観点からではなく、液面の乱れという観点で流動音を捉え、タンクの設計パラメータのみで流動音を予測する簡易ツールを開発した。

今後は、今回開発した流動音予測ツールを利用し、HVやEV用リザーバタンク設計への活用により、試作数の低減や開発リードタイム短縮への貢献を行っていく。また、更なる静粛性への要求に対応するために、予測精度の向上に向けた取り組みも行っていく。