

断面積縮小部を持つループ管における 熱音響自励振動の臨界温度解析に関する一考察

A study on the critical temperature analysis of thermoacoustic oscillation
in a looped tube with reduced cross section

滋賀県立大¹, 同志社大² ◦折野 裕一郎¹, 坂本 眞一¹, 乾 義尚¹, 池之上 卓己¹, 渡辺 好章²

Univ. of Shiga Pref.¹, Doshisha Univ.², ◦Yuichiro Orino¹, Shin-ichi Sakamoto¹,

Yoshitaka Inui¹, Takumi Ikenoue¹, and Yoshiaki Watanabe²

E-mail: orino.y@office.usp.ac.jp

熱音響現象を応用したループ管型熱駆動冷却システムを検討しており、管の内径を適切な位置で部分的に縮小する構造を持つ PA (Phase Adjuster) を提案している¹⁾。1 波長共鳴の自励振動の安定実現、冷却性能の向上、発振時温度の低下が確認されているが、詳細な原理は未解明である。そこで本研究では、線形の方程式に基づく伝達マトリックス法を用いた安定性解析²⁾を断面積縮小部のあるループ管モデルに適用し、臨界温度比への PA の効果の解析を試みた。

安定性解析は、ループ一周の伝達マトリックス M_{all} を数値的に求め、定常振動の臨界条件 $\det(M_{all}-E)=0$ を満足する温度と周波数を反復探索することで行った。解析対象は一周 3300 mm の円筒管で、Table 1 に示す区間に分け計算した。温度勾配がない区間の伝達マトリックスは解析的に求め、温度勾配がある区間では 4 次 Runge-Kutta 法により数値計算で算出した。流路形状は全て円筒形とした。スタックは 42 mm の管に対して総断面積比 0.85 の流路群とみなして音圧および体積速度連続の条件で接続した。PA は一様な直径 R_{PA} とし、スタックと同様に接続した。断面積不連続面における端部の効果や管の曲がりの影響は無視した。

$T_C=293$ K に対する T_H の臨界条件を R_{PA} を変えて求めた結果を Figure 1 に示す。横軸は断面積比であり、 $A_{PA}/A_{tube}=1$ が PA の無い場合に相当する。この結果から、断面積を部分的に縮小することで 1 波長共鳴 (100 Hz 付近) の臨界温度比が大きく低下し、また、2 波長共鳴 (200 Hz 付近) の温度と大小関係が逆転することが示された。これらの傾向は実験における経験則と合っていることから、PA の効果の一部は線形理論で説明付けることが可能と考えられる。

Table 1 Specification of tube elements.

Element name	Length [mm]	Diameter [mm]	Temperature distribution
Stack	50	0.75 [†]	Linear; T_C-T_H
Buffer	200	42	Linear; T_H-T_C
Tube1	1000	42	Uniform; T_C
PA	45	R_{PA}	Uniform; T_C
Tube2	1705	42	Uniform; T_C

[†] Total cross-sectional area ratio of channels is 0.85.

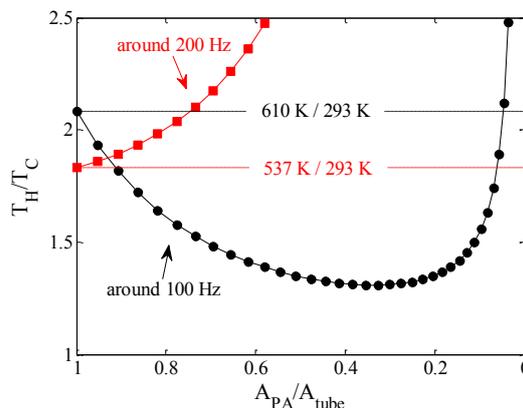


Figure 1 Analyzed critical temperature ratio versus cross-sectional area ratio of PA.

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費若手研究 (A)(B), 挑戦的萌芽, 文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムならびに JST 研究成果最適展開プログラムの補助を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) S. Sakamoto, Y. Imamura, and Y. Watanabe: Jpn. J. Appl. Phys. **46** (2007) 4951.
- 2) Y. Ueda and C. Kato: J. Acoust. Soc. Am. **124** (2008) 851.