

断面積縮小部を持つループ管方式熱音響冷却システムにおける 平均圧力の高圧化が及ぼす影響の数値的検討

Numerical study on the effect of increasing the mean gas pressure of a loop-tube-type thermoacoustic cooler with a locally 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

熱音響現象の応用による熱駆動冷却システムの実用化を目指し、ループ管の流路断面積を局部的に縮小する Phase Adjuster (PA) の設置を提案している¹。これまでに、自励振動に必要な温度比の低減が実験的に確認され、線形化および1次元化された流体の方程式に基づく安定性解析を用いた設計の可能性が示された²。本研究では、高効率化が期待される作業流体の高圧化について安定性解析による検討を行った。

解析は、乾燥空気を作業流体とするループ管方式熱音響冷却システム(全長 $L = 3.34$ m, 内直径 42 mm)を対象とした。プライムムーバー (PM) 側とヒートポンプ (HP) 側のスタックの流路半径はそれぞれ 0.45 mm と 0.35 mm とし、長さ と 開口率は共に 50 mm と 80% とした。PM 高温端 ($x/L = 0$) の温度 T_H は可変値とし、冷温端 T_R を 300 K, HP 冷却端 ($x/L = 0.5$) を 273.15 K, 高温端を 300 K とした。熱緩衝区間は長さ 200 mm, 温度勾配は全て線形と仮定した。PA を設置する場合の設置条件は、長さ 45 mm, 内径 25.6 mm, 位置 $x = 1.125$ m とした。

0.1 MPa から 0.5 MPa の平均圧力 P_m に対する 1 波長振動 (約 100 Hz) の臨界温度比の解析結果を Fig.1 に示す。PA 設置時も P_m の上昇に伴い温度比は減少するが、0.2 MPa 以上では増加に転じている。また、得られた各安定条件に対し管内音場の解を算出した。音圧に対する粒子速度の位相の空間分布を Fig. 2 に示す。PA 設置時は比較的大きな変化が見られることがわかった。 P_m に応じて PA を設計する必要がある。

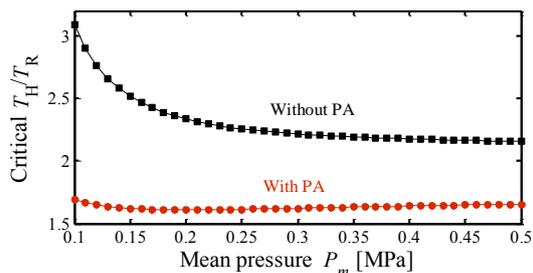


Fig. 1 Calculated critical temperature ratio

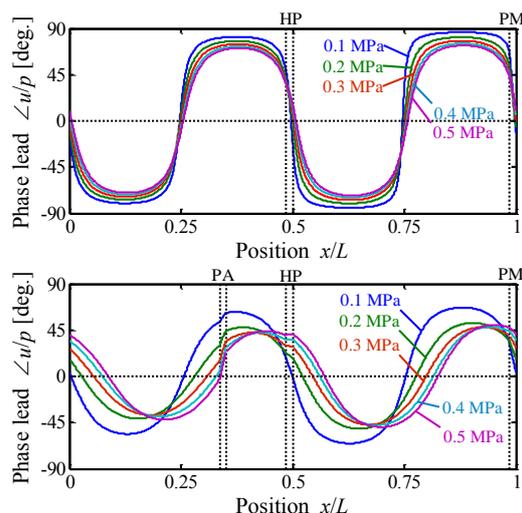


Fig. 2 Calculated distributions of the phase lead without PA (upper), and with PA (lower)

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会科研費若手研究(A), (B), 挑戦的萌芽, および文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムの補助を受けた。

参考文献

- 1) S. Sakamoto, Y. Imamura, and Y. Watanabe: Jpn. J. Appl. Phys. **46** (2007) 4951.
- 2) 折野, 坂本, 乾, 池ノ上, 渡辺: 第74回応用物理学会秋季学術講演会 01-128 (2013).