

カルノー効率の 60% に達する熱音響システムの開発

Deign of a thermoacoustic system with 60% of Carnot efficiency

東海大工¹, °長谷川 真也¹Tokai Univ.¹, °Shinya Hasegawa¹

E-mail: s.hasegawa@tokai-u.jp

1979 年, Ceperley は進行波音波の圧力振動と流速振動の位相関係とスターリングエンジンにおける振動流体の位相関係が同等になることに基づき, 進行波を利用する熱音響エンジンを提案した^[1]. 進行波熱音響エンジンでは軸方向に温度差のある狭い流路の束(蓄熱器)を進行波音波が通過することで, その音響パワーが絶対温度比倍で増幅する. また彼は蓄熱器での音響インピーダンス z を「自由空間中を伝播する進行波音波の固有音響インピーダンス $\rho_m c$ の 10 倍」と高くすることができれば, 熱効率はカルノー効率の 79% に達することを理論的に示した^[2]. ここで ρ_m は気体の平均密度, c は音速である.

本研究では流体の方程式に線形長波長近似を適用することで得た Rott の方程式^[3]に基づいた数値計算^[4]を用いて高効率多段熱音響増幅器のプロトタイプ的设计・製作方法を提案する. 多くの蓄熱器を高効率で連結し進行波による長距離の音響パワー伝播が出来れば, 工場などで発生している複数の低密度の熱源を用いて大きな音響パワー増幅が可能な熱回生デバイスが実現する. そのために Fig.1 の装置を対象に伝達マトリクスを用いてシステムの固有値と固有ベクトルを求め, 複数の蓄熱器を高い音響パワー増幅率で連結可能な構成を探索した. 導波管長さを変化させた際に, 固有値によって求めた音響パワー増幅率を Fig.2 に示す. Fig.2 の最大増幅点における固有ベクトルを満たす音場を装置両端のスピーカにより形成することで, 複数の蓄熱器の連結が可能になる. この時, 数値計算によって求めた蓄熱器位置における z は $8.5\rho_m c$ に達し, 熱効率はカルノー効率の 64% に達した. 本手法は蓄熱器が二つの際に限らず, 多くの蓄熱器を連結する場合にも適用可能である.

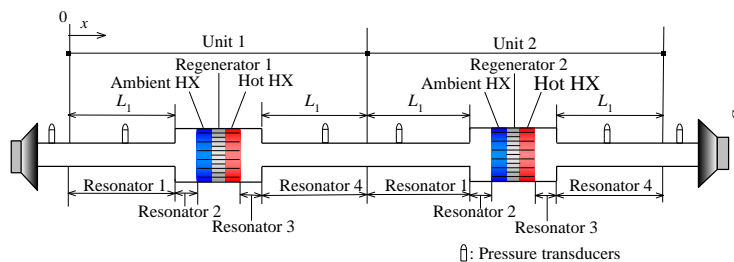
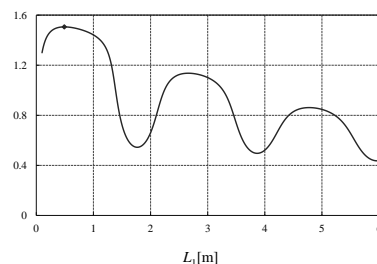


Fig.1 Numerical calculation model.

Fig.2 G vs. L_1 .(1) P. H. Ceperley, J. Acoust. Soc. Am., **66**, 1508 (1979).(2) P. H. Ceperley, J. Acoust. Soc. Am., **77**, 1239 (1985).(3) N. Rott, Z. Angew. Math. Phys., **20**, 230 (1969).(4) S. Hasegawa, T. Yamaguchi, Y. Oshinoya, Applied Thermal Engineering, **58**, 394 (2013).