

能動的な遮音制御

Active Control of Sound Transmission

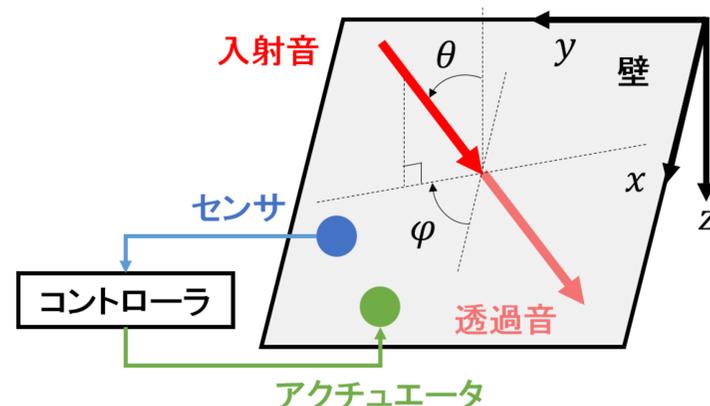


English Version

Fund: Grant-in-Aid for Scientific Research

背景と目的 Background and purpose

遮音とは、壁を透過する騒音を遮ることである。センサとアクチュエータを壁に取り付け、壁の振動を計測・制御して遮音を行うことを能動的な遮音制御という。しかし、どのように振動を制御すれば透過音が小さくなるのかは一筋縄には分からないため（単純に振動を抑制しても、透過音が小さくなるとは限らない）、制御系の設計が難しい。専門的に言えば、透過音に対する各振動モードの寄与を個別に評価できるならば、寄与の大きい振動モードを優先的に抑制するように制御系を設計すればよいのだが、あいにくモード同士は連成して透過音に寄与するため、そうはいかない。この問題を解決し、制御系を効率的に設計することが、本研究の目的である。



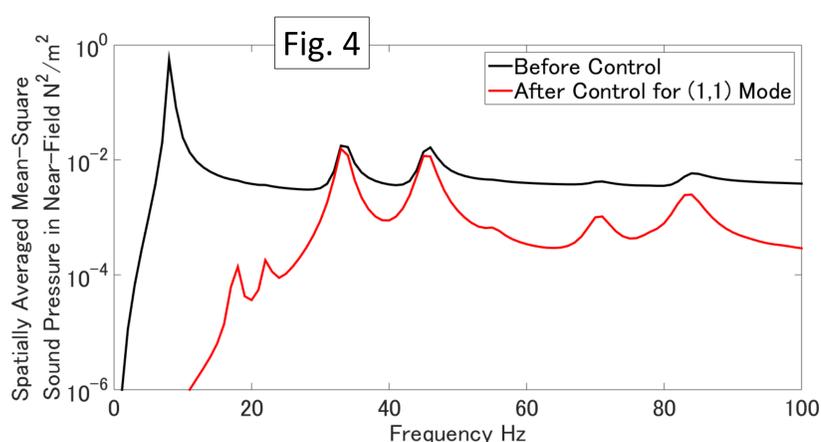
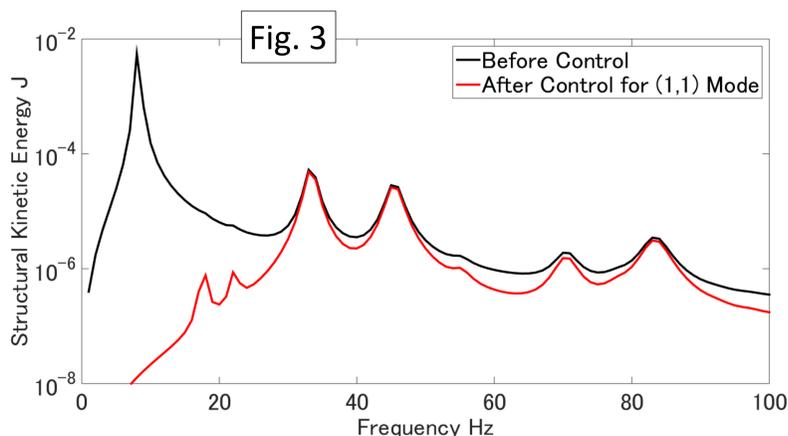
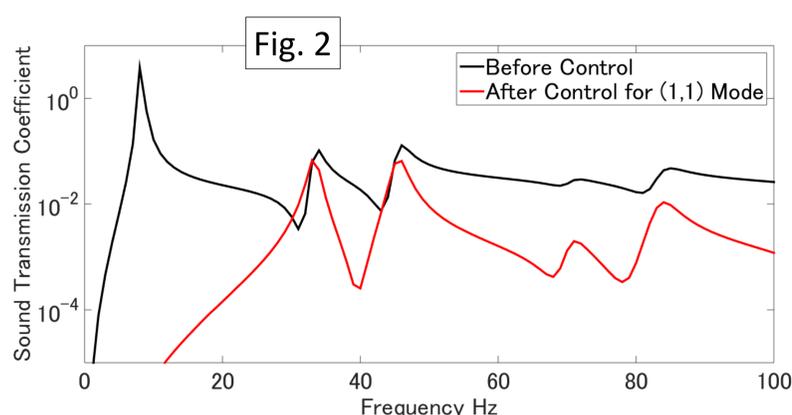
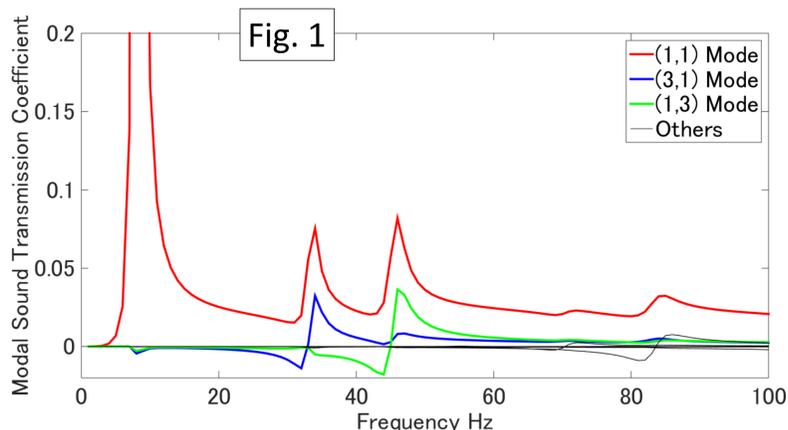
方法 Methodology

まず、モード間の連成を部分的に無視することで、透過音に対する各モードの寄与（モード音響透過率という）を近似的に計算する。次に、モード音響透過率の周波数特性を参考にして、透過音への寄与の大きいモードを特定する。そして、そのモードを選択的に計測・制御する。このように制御系を設計すれば、透過音（遠距離まで届く音）を効果的に抑制しつつ、壁の振動や近距離に留まる音の増大を防止できる。

数値解析 Numerical simulation

Fig. 1は、壁に対して斜めの角度から平面波が入射した場合のモード音響透過率の周波数特性である。分析対象の周波数帯の全てに渡り、(1,1)モードの寄与が大きいことが一目瞭然である。また、特に(1,1)モードで顕著だが、モード音響透過率の周波数特性には複数のピークが現れている。モード同士は連成するため、自己の共振周波数だけでなく、他のモードの共振周波数でもピークを持ちうるわけだが、まさにそうなっていることが分かる。なお、この周波数帯には16個ものモードが共振周波数を持っているのだが、それにもかかわらず、わずか1つのモードの寄与が支配的であることは興味深い。

Fig. 2~4は、透過音（音響透過率）、壁の振動（運動エネルギー）、近距離に留まる音（音圧の自乗値を壁の表面で空間積分したもの）の周波数特性である。黒が制御前、赤が(1,1)モードを選択的に計測・制御した場合である。予想どおり、(1,1)モードの振幅を抑制するだけで、透過音を効果的に抑制しつつ、壁の振動や近距離に留まる音の増大を防止できる。



Publications

Kaizuka, T., Tanaka, N., and Nakano, K., Active control of sound transmission using structural modal filters, Journal of Sound and Vibration, 381, 14-29, 2016.

