

能動的な遮音制御

Active Control of Sound Transmission

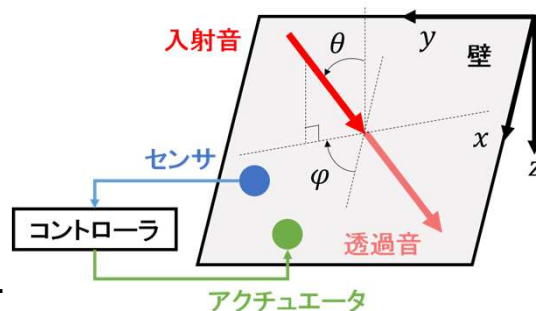


English Version

Fund: Grant-in-Aid for Scientific Research

背景と目的 Background and purpose

本研究の目的は、壁を透過する騒音を遮ることである。壁を重たくすれば騒音を遮りやすいが、多くの機械製品では軽量化が求められる。そこで、壁は軽いまま、小型軽量のセンサ・アクチュエータを取り付け、壁の振動を計測・制御することで、軽量性を保ちつつ遮音性を改善する。こうした方法は能動遮音制御と呼ばれ、多くの先行研究があるが、振動と騒音の大小は必ずしも比例しないなど、構造と音響の連成メカニズムは複雑であり、いかに効率的に制御系を設計するかが課題となっている。



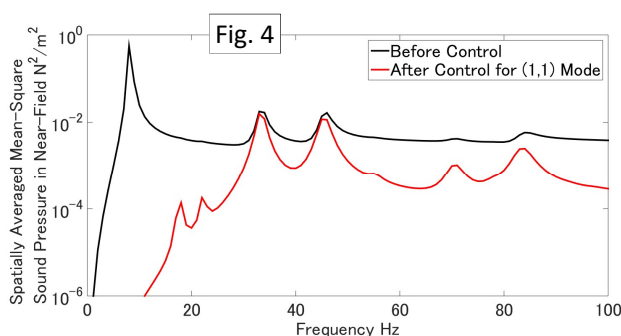
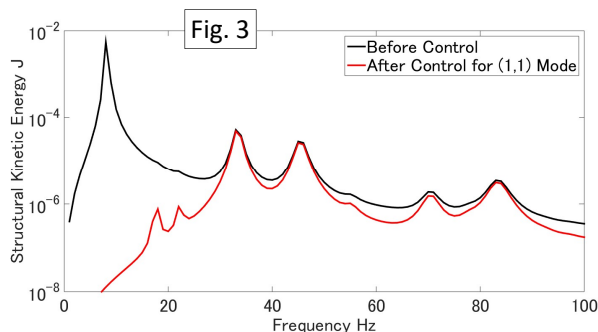
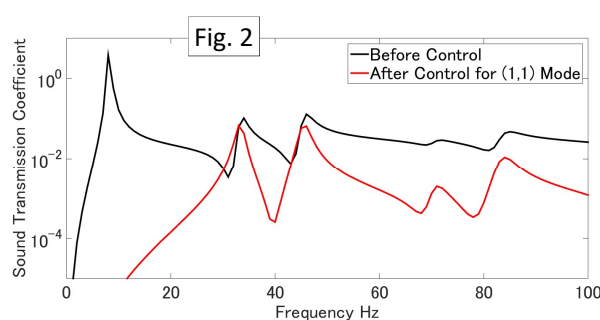
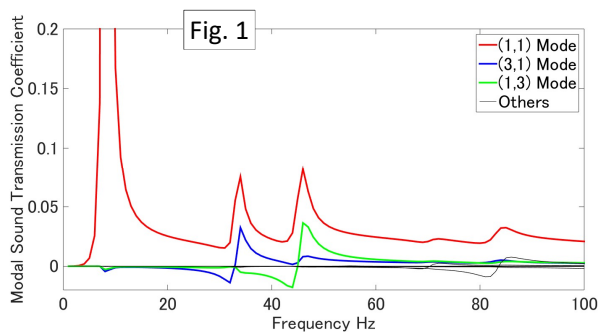
方法 Methodology

構造と音響の連成系の複雑さを象徴する事実として、振動モード同士が連成して音に寄与することが挙げられる。もし寄与の大きいモードを特定できれば、そのモードを選択的に計測・制御することで、効果的に騒音を抑制できるはずである。しかし、モード同士が連成するため、各モードの寄与を個別に評価するのが難しい。本研究では、各モードの寄与を便宜的に計算する方法（モードごとの音響透過率や音響ポテンシャルエネルギーの計算法）を採用し、その計算結果に基づいて寄与の大きいモードを特定し、そのモードを選択的に計測・制御するという、制御系の設計論を提案した。

数値解析 Computer simulation

Fig. 1は、単純支持平板（壁）に対して斜めの角度から平面波が入射した場合の、振動モードごとの音響透過率を示す。広い周波数帯にわたり(1,1)モードの寄与が大きいことが分かる。また、(1,1)モードで特に顕著だが、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、自己のみならず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、まさにそうになっている。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が、それにもかかわらず、わずか1個のモードの寄与が支配的であることは興味深い。つまり、このモードさえ選択的に計測・制御すれば、広い周波数帯で騒音を抑制できるはずである。

Fig. 2~4は、音響透過率（遠距離まで伝播する音の成分）、壁の運動エネルギー、壁表面の音圧の自乗和（近距離に留まる音の成分）を示す。黒が制御前、赤が(1,1)モードを選択的に抑制した場合である。予想どおり、(1,1)モードを抑制するだけで遠距離の音を効果的に抑制できている。また、壁の振動や近距離の音が増大しないことも、本手法の長所である（従来法では、遠距離の音を減らすと、振動や近距離の音が増えてしまうことがある）。



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.

Kaizuka, T. and Nakano, K., Active control of sound transmission into an enclosure using structural modal filters, *Journal of Sound and Vibration*, 431, 328-345, 2018.

