

# クラスタ制御の紹介と窓ガラスへの適用について

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター  
開発本部 開発第一部 機械技術グループ  
福田 良司

## 1. はじめに

振動制御に関する研究は、多くの研究者によって取り組まれている分野であり、その手法を数え上げればきりが無い。本稿ではその中からクラスタ制御<sup>(1)</sup>について取り上げ、これまでに提案されてきた制御手法の概要と、最近の研究について紹介する。クラスタ制御の最大の特長は、簡素な制御系でありながら、高い制御効果を得られる点にある。さらに、制御系の安定性も優れた点のひとつに挙げることができる。

## 2. 単純支持矩形平板を対象としたクラスタ制御

クラスタ制御は、田中らによって1998年に提案された手法<sup>(1)</sup>で、その後、著者も振動や音の制御を研究するにあたり、クラスタ制御をベースとした研究<sup>(2)~(4)</sup>を進めている。本章では、クラスタ制御の原点である単純支持矩形平板を対象としたクラスタ制御について、実際に制御系を構築する際のポイントを中心に述べる。

振動している構造物は、振動モードが励起された状態である。この振動モードは、構造物に無数に存在することから、能動制御を難しくしている要因であると言えよう。仮に、構造物の振動を完全に抑制しようとするならば、全てのモードに対して制御力を講じる必要があるが、実際の構造物を対象に、全てのモードを対象とした制御系を実現するのは至難の業である。これに対して、今回紹介するクラスタ制御は、構造物に無限に存在する振動モードを、有限個のグループに弁別して制御を講じるアプローチをとる。換言すれば無限のモードを有限個のグループに集約することにより、制御系を簡素化することができる。これをクラスタフィルタリングと呼ぶ。一方、クラスタフィルタリングによってグループ化された振動モード群に対し、制御力を講じるアクチュエーション法がクラスタアクチュエーションである。先に述べたフィルタリングと逆のアプローチを辿ることにより、特定の振動モード群のみに制御力を講じることができ、対象外の振動モードには全く影響を与えることがないアクチュエーション法である。これら2つの手法を組み合わせることで構築されるクラスタ制御について、周辺を単純支持された矩形平板を対象として、フィルタリング、アクチュエーション、制御について順に紹介する。

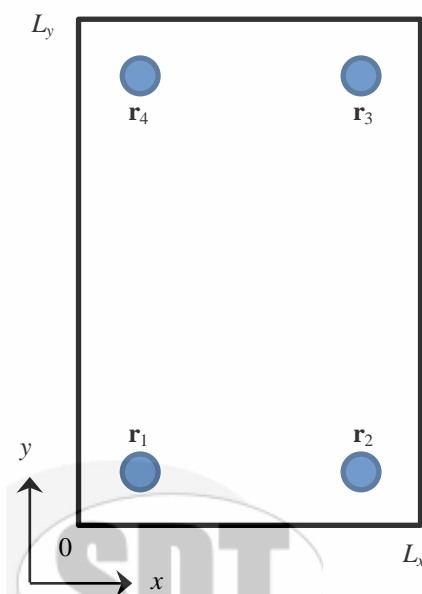


図1. 矩形平板とセンサ設置位置

### 2・1 クラスタフィルタリング

図1に示すような薄肉矩形平板( $L_x \times L_y \times h$ )の任意点 $\mathbf{r}_i$ に設置したセンサにより、速度 $v(\mathbf{r}_i)$ を検出することを考える。すると、センサ出力となる速度 $v(\mathbf{r}_i)$ は固有関数 $\varphi_k(\mathbf{r}_i)$ および速度モード係数 $v_k$ を用いて、次式のように記述できる。

$$v(\mathbf{r}_i) = \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k(\mathbf{r}_i) v_k \quad (1)$$