

# モード

## 1 はじめに

hexbug を使った実験では容器をばねでつないで振動する様子を観察します。この振動について理解したい時に助けとなるのがモードという概念です。

## 2 簡単な例 連成振動

ここでは簡単のため 3 個の質点 (質量  $m$ ) をばね (ばね定数  $k$ ) で一直線に並べた系を考えることにします。端は固定されているとします。質点は横方向にのみ移動するとします。

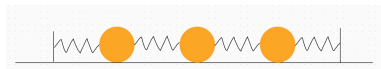


図 1: 3 個連成振動の図

この系は初期条件によって振動する様子は変わってきます。しかしそれらは全て次の 3 つの運動の重ね合わせにより表せます。

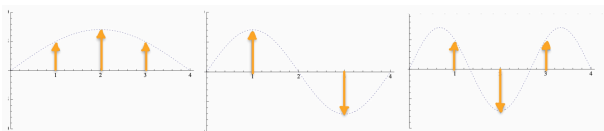


図 2: 3 個連成振動のモード (矢印はそれぞれの質点の変位で、見やすさのため縦方向に変換して描いた。)

この 3 つの運動を「モード」といいます。それぞれのモードには固有の振動数があり、左から  $\sqrt{2 - \sqrt{2}}\omega_0$ 、 $\sqrt{2}\omega_0$ 、 $\sqrt{2 + \sqrt{2}}\omega_0$  ( $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ ) となります。また同じ振動数を持つモードがある場合もあります。

## 3 格子

今回の実験では、質点ではなく自分で移動する hexbug を入れた容器をばねで格子状につなげています。論文 [1] で紹介されている格子の一つであるカゴメ格子を紹介しましょう。ここではカゴメ格子の境界は固定されている場合を考えます。この場合も先と同様にモードを考えることができます。振動数の小さい順に 12 個のモードを並べた図がこちらです。

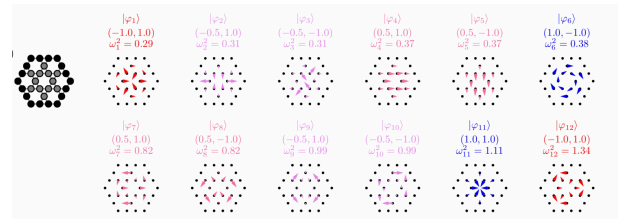


図 3: カゴメ格子のモード ([1] から引用)

もし hexbug を容器に入れていないと、この格子状につながれた容器の振動はこれらのモードの重ね合わせで表せるはずです。(実際には容器が大きさをもっていたり、変形が大きいと弾性が非線形になったりするため、あくまで近似の話です。)

## 4 モード選択

それでは hexbug を容器に入れるとどのような振動が見られるのでしょうか？ 次の図は平均的にどのモードに整列しているかの割合を示したものです。

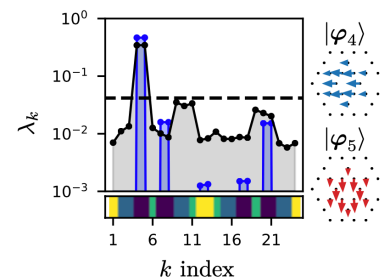


図 4: hexbug を入れたカゴメ格子のモード ([1] から引用)

このように hexbug を入れると主に特定のモード (図 3 の  $|\varphi_4\rangle, |\varphi_5\rangle$ ) が選択されます。また普通の連成振動では初期条件が決まると、その後の振動についてどのモードがどれだけ重ね合わされているかは変化しません。しかし hexbug を入れた系では振動の途中でモードの選択が変更されることがあります。このように質点に非平衡性を与えてやることで特異な現象を観察することができます。

## 参考文献

[1] P. Baconnier, D. Shohat, C. Hernández López, C. Coulais, V. Démery, et al.. “Selective and collective actuation in active solids” Nat. Phys **18.1** (2022) : 1234–1239.