ウェーブマシンにおける 1 次元格子振動の制御

Controlling one-dimensional phononic vibrations on a wave machine

北大工　○友田 基信，猪野 真大，藤田 健太郎，松田 理，Oliver B. Wright
Hokkaido Univ. , °Motonobu Tomoda, Masahiro Ino, Kentaro Fujita, Osamu Matsuda, Oliver B. Wright
E-mail: mtomoda@eng.hokudai.ac.jp

高等学校の物理での演示実験で用いられるウェーブマシン（水平すだれ式波動実験器）では、波の振幅が大きく伝搬速度が遅いため、波の重ね合わせや反射の様子などを肉眼で視覚的に捉えることができる。ウェーブマシンは図 1 のように、伝搬するねじれ波を縦波に、棒の慣性モーメントを質点の質量に、ねじれ係数をバネ定数に対応させると、周期的な質量とバネからなる 1 次元格子振動と同じ形式になる。我々はこのことに着目して、特定周波数の格子振動や音響波にバンドギャップを持たせるような分散関係の制御方法を模索する実験器具としてウェーブマシンを作製した。このウェーブマシンは、図 2 のようにアルミフレームの土台、6× 6 ×320 mm のアクリルの角棒、針金や釣り糸の弦等で構成される。棒を支えるための針金が張ってあり、その針金は中空パイプ形のスペーサーと棒の中心を交互に通っている。各棒に中心対称な位置にも穴が開いており、そこにねじれ波を伝える弦が通っている。波の振幅は数 cm、速度は棒の両端に重りをつけることや弦の張力を変えることによって調節可能で数 10 cm/s 程度である。このため波の伝搬の様子を肉眼でとらえることや、図 3 のように自作の動画解析プログラムで、一般的なカメラで撮影した動画から各棒の変位を取り出すことが可能である。その変位データを時空間フーリエ変換すると格子振動の分散関係が得られる。素のウェーブマシンではフォノンの音響分枝と同じ形の分散関係となる。

格子振動の静的な制御として、フォノニック結晶のように周期性を利用して音響分枝と光学分枝の間にバンドギャップを開ける方法や、音響メタマテリアルのように内部構造の共振を利用してバンドギャップを開ける方法がある。このウェーブマシンにおいても、棒に重りを周期的に取り付けることや、棒に共振器をつけることで、分散関係が変化し、波が制御されることを確認できた。さらに今後は、格子間の結合定数を時間変化させるような動的な制御機構についても取り入れ、媒質の性質が時間および空間に依存するような時空間物質を実現させ、例えば伝搬方向によって特定周波数の波が伝搬できなくなるような非相反な振る舞いを観察する予定である。

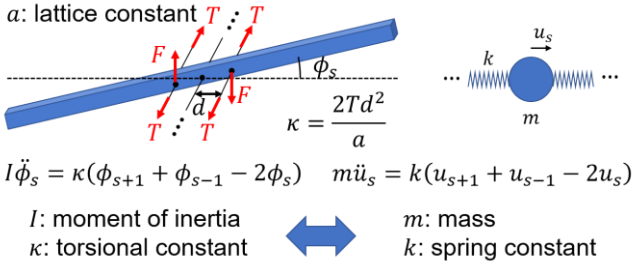

Fig. 1 The correspondence between a wave machine and a mass spring model.

Fig. 2 View of the bare wave machine. About 100 unit cells are constructed with acrlie rods and threaded wires.

Fig. 3 Displacements of each rods are automatically indentificated by the image tracking system.

© 2019年 応用物理学会