

ウェーブマシンによる波動伝搬制御の演示

Demonstration of controlling waves on a wave machine

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

近年、トポロジカル振動伝搬など特異な物理現象を実現する模型として、機械メタマテリアルが注目されている[1]。我々は、特定の波に対しバンドギャップを持たせる制御方法を探求し、最終的には非相反伝搬を実現する機械メタマテリアルの基礎として、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）に着目し開発を行っている。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次元フォノン模型と同じ形式になる。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、 $6 \times 6 \times 320$ mmの亚克力角棒、棒を支える針金や、ねじれ波を伝える釣り糸の弦、スペーサー等で構成される。波の振幅は数 cm、位相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1次元フォノンの音響分枝と同じ形の分散関係となる。

波が伝搬できない周波数帯域であるバンドギャップを持たせるには、フォノンニック結晶のように周期的な散乱波同士の打ち消しあう干渉を利用する方法や、メタマテリアルのように内部構造の共振との打ち消しあう干渉を利用する方法がある。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。本発表では、このような方法でバンドギャップが発現することを演示する予定である。将来的には、この装置をアクティブ機械メタマテリアルに発展させ非相反伝搬や非線形波動現象を実現することを目標としている。

[1] K. Bertoldi *et al.*, Nat. Rev. 2, 17066 (2017).

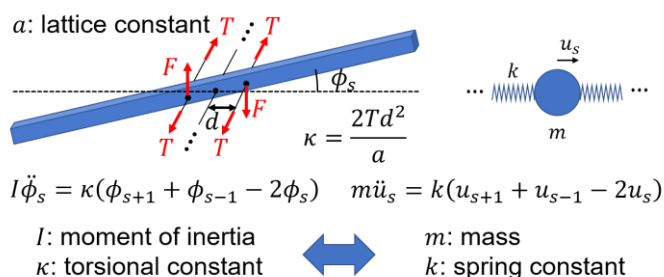


Fig. 1 The correspondence between a wave machine and a mass spring model.



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



Fig. 3 Displacements the rods are automatically indentified by the image tracking system.