1 次元格子の振動制御に向けたウェーブマシンの開発

Development of a wave machine for controlling one-dimensional elastic waves

北大工，○(M2)猪野真大，友田基信，Oliver B. Wright

Hokkaido Univ., ○Masahiro Ino, Motonobu Tomoda, Oliver B. Wright

E-mail: masahiro6117@eis.hokudai.ac.jp

ウェーブマシン(波動実験器)は、波の伝搬を視覚的に捉えることができるため、高等学校の物理授業での波の重ね合わせや反射・透過等の演示実験に多く用いられている。レイリーすだれ式ウェーブマシンでは、構成する棒の慣性モーメントを質量に、棒の回転振動を伝える弦の張力をバネ定数に読み替えると、質点がバネで繋がれた 1 次元格子振動モデルとみなせる。この構造の利点として、ねじれ波の速度は慣性モーメントと張力に依存しており、これらを調整することで各点の振動を目視できる程度まで遅くできる。また、ユニット長を数 cm にできるため、十分多くの構造を現実的なサイズで作製できる。その上、振幅も数 cm であるため、各点の振動の細かい様子まではっきりと観測できる。よってウェーブマシンによる実験は、格子振動についての初学者への説明や研究への更なる理解を深めることへの一助となる。更に、ウェーブマシン内に振動制御機構を組み込むことで、従来目視が困難である音響メタマテリアルやフォノニック結晶における振動現象を確認できると考えられる。

本研究の目的は、レイリーすだれ式のウェーブマシンを基に、1 次元格子における振動制御現象を示すことである。制御の前段階として、一次元格子に現れる振動の諸現象を演示する。筆者らはアクリル棒に針金を左右対称に 2 本通し、ユニット長が約 1.5 cm、約 100 ユニットのウェーブマシンを試作し（Fig. 1)、目視できる程度の速度・振動数のねじれ波の伝搬を確認した。モーターを用いて単一振動数で励振した際に、振動数を徐々に上げていくと、対応して隣り合った点同士が逆位相に振動するまで波長が短くなった。更に振動数を上げていくと、波が急激に減衰した。つまり、1 次元フォノンの音響モードに類似した分散関係を示す振動現象を確認できた。また、ウェーブマシンにパルス波を伝搬させ、その動画データから自動的に各点の変位を取得し、時空間フーリエ変換することによっても分散関係を得られた。次に、アクリル棒に重りを付けた領域を設け、界面における反射波を確認できた。また、アクリル棒 1 つ置きに重りを加え、分散関係に現れる音響モード及び光学モードを示す振動現象を確認できた。今後は、波の伝搬を制御できるように、音響メタマテリアルやフォノニック結晶のようなバンドギャップを発現する機構を取り入れ、棒の数もより増した全長約 3 m のウェーブマシンに発展させる予定である。

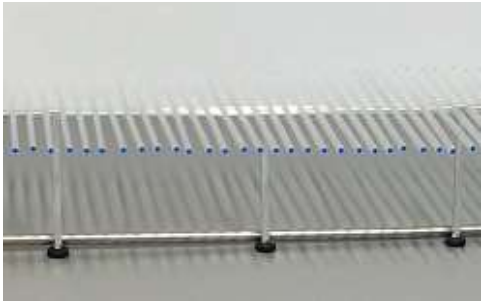

Fig. 1: The wave machine consists of an acrylic rod and wire, respectively corresponding to mass and spring in a one-dimensional elastic waves propagation model.

© 2018年 応用物理学会