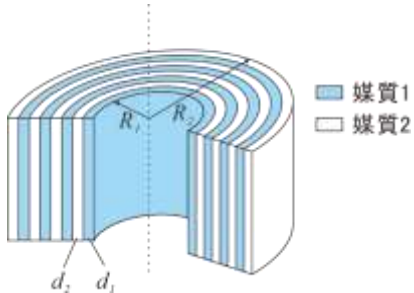


申請者	学科名	情報通信工学科	職名	助教	氏名	坂口 浩一郎
調査研究課題	円筒型音響クローク媒質の固有モードに関する研究					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	坂口浩一郎	情報通信工学科	光エレクトロニクス	研究計画の立案・成果の取りまとめ	
	分担者	藤井佑亮	情報システム工学専攻・学生（修士2年）		シミュレーション・解析	
	堂前直人	情報システム工学専攻・学生（修士1年）	シミュレーション・解析			
調査研究実績の概要	<p>クローキングとは、物体を特別な媒質で覆うことで電磁波や音波などに対して反射や散乱をなくし、遮蔽する技術のことであり[1, 2]。波長以下の周期構造であるメタマテリアルを用いて媒質を設計する方法が提案されている[3]。本研究では有限要素法を用いたシミュレーションにより、円筒型音響クローク媒質の共鳴モードを調べるとともに、共鳴モードがクローキング動作に与える影響について調べた。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>図1にメタマテリアルを用いたクローク媒質の模式図を示す。厚さ d の2種類の媒質を交互に積層した構造となっており、各媒質の密度 ρ_1, ρ_2 と音速 c_1, c_2 を下式のように設定することで、座標変換理論から導かれる円筒型クローク媒質の条件が満たされる[4].</p> $\rho_1 = \frac{r + \sqrt{2rR_1 - R_1^2}}{r - R_1} \rho_b, \quad \rho_2 = \frac{\rho_b^2}{\rho_1}$ $c_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_2} \frac{r}{r - R_1} c_b, \quad c_2 = c_1$ </div> </div> <p>図1. メタマテリアルを用いたクローク媒質</p>					

ここで ρ_b , c_b はそれぞれ背景媒質の密度および音速, R_1 , R_2 は円筒の内半径および外半径, r は円筒中心からの距離を表す. 本研究では R_1 を1 m, R_2 を2 mとして全体が50層のクローク媒質を構築し, 背景媒質は空気(密度: 1.25 kg/m³, 音速: 343 m/s)とした.

【固有モード解析結果】

図2(a)に固有モード解析の結果を示す. 周波数1 ~ 300 Hzにおいて, 6つの共鳴モードが存在することが分かった. これらのモード形状を見ると, クローク媒質自体に顕著な振動モードは見られず, 全て内部の円形の形状に依存した空気の振動モードであると考えられる. 次に遮蔽領域内にこれらの共鳴モードを全て励振させるような点音源を置き, 音波伝搬解析を行った結果を図2(b)に示す. 外部の検出器で音圧値を計算すると共鳴周波数と同じ周波数に6つのピークが得られ, 内部領域で共鳴が生じ, クローク媒質の外へ音波が伝搬することが分かった.

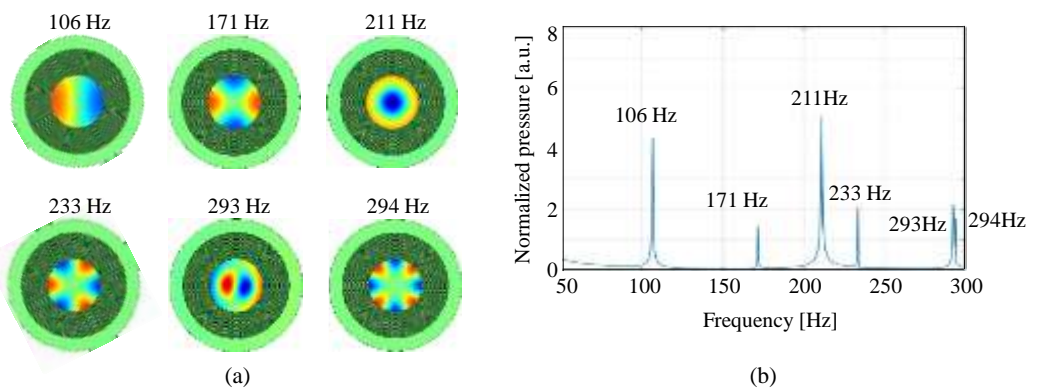


図2. 円筒型クローク媒質のモード解析結果(a)と外部での音圧スペクトル(b)

【共鳴モードとクローキングの関係】

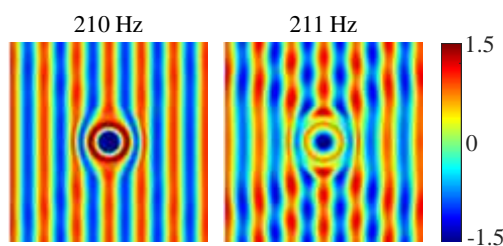


図3. 音圧分布図

最後に, 外部から音波を入射した場合のクローキング動作を解析した結果を図3に示す. それぞれ周波数210 Hz, 211 Hzの場合の音圧分布図であり, どちらの場合も遮蔽領域内部に音波が侵入している様子が確認できる. また211 Hzの結果から, 内部で共鳴が生じる場合には音波が外部に伝搬することにより, クローキング精度が著しく悪化するということが分かった.

【参考文献】

- [1] D. Schurig, et al., Science, 314, 977 (2006).
- [2] D. Schurig, et al., OPTICS EXPRESS, 14, 9794 (2006).
- [3] S. A. Cummer and D. Schurig, New Journal of Physics, 9, 45 (2007).
- [4] D. Torrent and J. Sanchez-Dehesa, New Journal of Physics, 10, 063015 (2008).