

現象について研究を行なった。本研究では具体的に(1)Ni・LiNbO₃二層デバイスにおける表面弾性波の非相反伝搬，(2)マルチフェロイック物質中の磁気共鳴と結合した表面弾性波，の結果について報告する。

(1) Ni・LiNbO₃二層デバイスにおける表面弾性波の非相反伝搬

固体中の粒子や波の伝搬には系の対称性が大きく影響を与える。近年スキルミオン格子やマルチフェロイック物質など対称性の破れた系において，電流や電磁波の応答が伝搬方向の反転で異なる非相反性の観測がなされた。対称性の観点からは非相反現象は系の詳細によらず普遍的なものであると考えられ，フォノンにおいても観測が期待できる。しかし，これまでフォノンの非相反性はメタマテリアルのような人工的な構造体における熱や音波に対する研究がほとんどで，固体中の弾性波の非相反性はほとんど明らかになっていなかった。本研究では，弾性波の非相反伝搬の観測を目的として，強磁性マグノンと結合した表面弾性波伝搬について研究した。

図1(a)のようにLiNbO₃圧電基板とくし形電極からなる表面弾性波デバイスを作製し，電極間に強磁性Ni薄膜を蒸着したハイブリッドデバイスを作製した。この系における表面弾性波の強度の減衰の磁場依存性を測定すると，図1(b)のように磁場の正負で非対称な依存性を示し，伝搬方向の反転によってその非対称性も反転する非相反応答を観測した。磁場変化は表面弾性波が磁気弾性結合を介してNi薄膜中に有効交流磁場をつくり，それが励起する強磁性共鳴が起源であった。また非相反性に関しては表面弾性波特有のひずみの偏向回転を反映して有効磁場が弾性波の伝搬方向に依存した円偏向性を持っており，

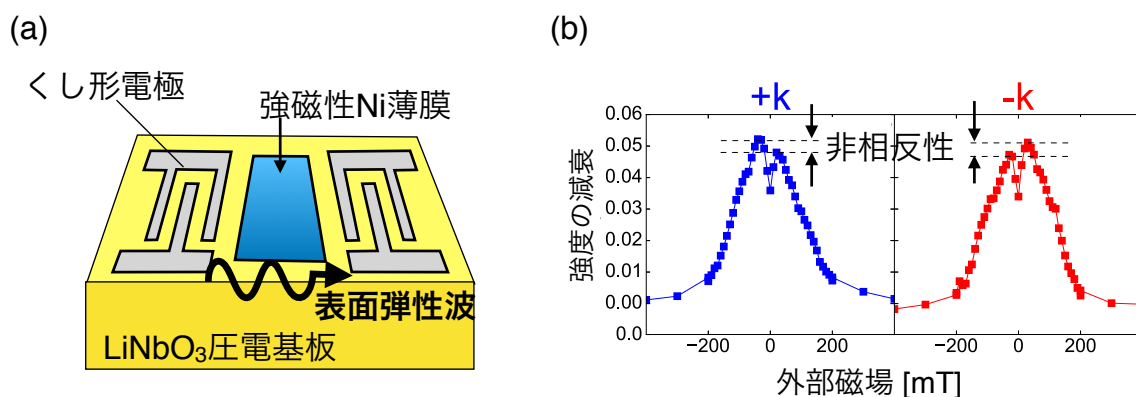


図1：(a)実験に用いたデバイスの概要図。(b)表面弾性波の伝搬強度の減衰の磁場依存性。
+k方向と-k方向で応答が反転する。

伝搬方向で強磁性共鳴の励起強度に差が生じることが起源であることを明らかにした。

(2) マルチフェロイック物質中の磁気共鳴と結合した表面弾性波

一つの物質中で磁性と強誘電性が共存する物質はマルチフェロイクスと呼ばれており、電気と磁気間の非自明な交差相関が現れる。特にその電磁応答について盛んに研究されており、マイクロ波から X 線の広い周波数領域で電磁波の非相反応が見られ、また光の電場成分により励起されるマグノンであるエレクトロマグノンなど、新しい高周波電磁気応答が観測されている。その多くはフォトンと電子準位やマグノンとの結合に関する研究であるが、フォノン現象についてもマルチフェロイクスの特異な電磁気特性を反映した現象が期待できる。本研究ではマルチフェロイクスにおけるマグノン-フォノン結合現象の観測を目的として、表面弾性波研究を行なった。

マルチフェロイック物質としては表面弾性波が到達しうる周波数領域にマイクロ波での磁気励起が観測されている CuB_2O_4 を対象とした。図 2(a) のように CuB_2O_4 単結晶を圧電基板として用いた表面弾性波デバイスを作製し、この透

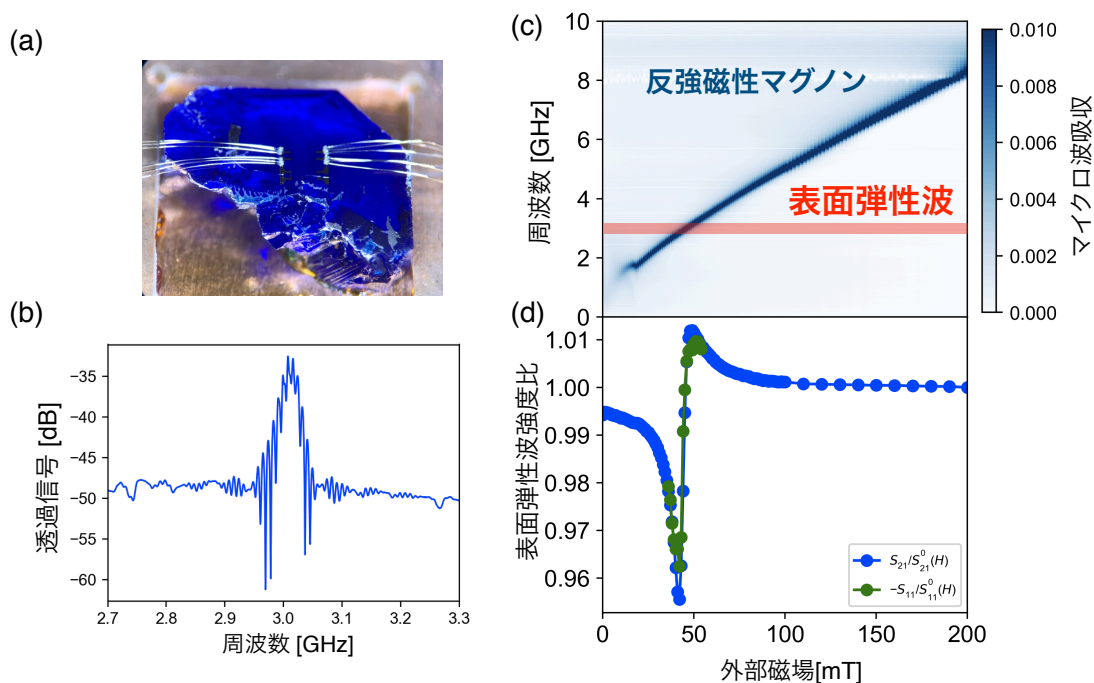


図 2 : (a)実験に用いた CuB_2O_4 表面弾性波デバイスの写真. (b)デバイスの透過スペクトル. (c)反強磁性マグノンによるマイクロ波吸収の磁場依存性. (d)表面弾性波信号の磁場依存性.

過スペクトルを測定すると図 2(b)のように透過ピークが観測され、表面弾性波の励起に成功した。低温の反強磁性相において表面弾性波の磁場依存性を測定すると、図 2(d)のように 40mT 付近で急激な磁場変化が観測された。この物質では図 2(c)のように反強磁性マグノンが観測でき、マグノンと表面弾性波の周波数が一致する磁場で表面弾性波の信号が変化していることから、この磁場依存性は反強磁性マグノンとの結合を起源とすることが明らかになった。表面弾性波の磁気弾性結合を考慮した反強磁性磁化の運動方程式を導出し、反強磁性音響マグノンモードを考えることで表面弾性波の磁場依存性を説明した。

本研究から、磁性体中のマグノン励起と結合した表面弾性波について以下のような知見を得た。

1. 表面弾性波は強磁性体 Ni 中の強磁性マグノンと結合することで伝搬が非相反になる。この非相反伝搬は表面弾性波の持つ偏向性と強磁性マグノンの歳差運動との干渉効果に由来している。その効果は磁気弾性結合と表面弾性波のひずみの偏向を考慮することで現れる楕円偏向した有効磁場という形で定性的に理解できる。
2. マルチフェロイック物質である CuB_2O_4 の圧電性を利用して表面弾性波を励起することができる。反強磁性相においては表面弾性波が CuB_2O_4 の反強磁性マグノンと結合し、磁場によって信号を制御できる。磁場依存性は反強磁性秩序での磁気弾性結合による有効磁場によって励起される音響マグノンモードにより説明できる。

本研究は固体中の弾性波現象の電子やスピン系との類似性を示すものであり、また磁気物性を利用して弾性波デバイスの機能性・制御性を高める新たな方法を提示するものである。