

# 交流磁場印加により発生する励磁音響波の 遅延時間に関する基礎研究

石田巖, 中川貴, 清野智史, 山本孝夫  
(大阪大学)

Study on delay time of sonic wave emission from magnetic nanoparticles  
stimulated by alternating magnetic field application

I. Ishida, T. Nakagawa, S. Seino, T. A. Yamamoto,  
(Osaka University)

## 1. 研究背景

磁性ナノ粒子に外部交流磁場を印加すると、粒子から磁場の2倍の周波数を持つ音波（励磁音響波）が誘起されるという現象“励磁音響効果”が2008年に報告された<sup>1)</sup>。励磁音響波は励磁してから音波が検出されるまでに非常に長い遅れ（遅延時間）が生じることが明らかになっている<sup>2)</sup>。本研究では、この遅延時間の要因を磁場の印加から励磁音響波が発生するまでの“発音遅延時間”と励磁音響波の媒質中の“伝搬速度”に分けて考え、磁性粒子径を変化させて励磁音響波を測定し、磁性粒子径が発音遅延時間と伝搬速度に与える影響を調べた。

## 2. 実験

励磁音響波を検出するための実験系は以下の通りである。平均粒径がそれぞれ15、18、30 nmの $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子2652FY、2655YD、2650MY（Nanostructured & Amorphous Materials Inc.製、以下それぞれ $M_{15}$ 、 $M_{18}$ 、 $M_{30}$ と略す）をNaOH溶液中に濃度10 wt.%で分散させた磁性流体を励磁音響波発生源とし、これらの磁性流体をポリアクリルアミドゲル（以下PAGと略す）中に封入したものを測定試料とした。この測定試料をコイル中心上に磁性流体が位置するように固定した。発生した励磁音響波をマイクロフォンによって電気信号として検出し、アンプを用いて増幅し、デジタルオシロスコープによってPCに取り込んだ。この実験系を用いて各試料ごとにPAG表面からの磁性流体の深さ距離が異なる2つの場合で励磁音響波を測定し、発音遅延時間とPAG中の伝搬速度を算出した。

## 3. 結果と考察

図1に、各試料において交流磁場を印加してから音波が検出されるまでにかかった時間と、励磁音響波の媒質中の伝搬距離の関係を示す。発音遅延時間は図の直線のx切片から、媒質中の伝搬速度は直線の傾きからそれぞれ計算できる。表1にそれぞれの値を示す。これらの結果より、磁性粒子径が増加しても伝搬速度は変化しないが、発音遅延時間は短くなることが分かった。

表1. 各試料の発音遅延時間と伝搬速度

	$M_{15}$	$M_{18}$	$M_{30}$
発音遅延時間 (ms)	5.7	3.7	2.7
伝搬速度 (m/s)	7.7	7.1	7.7

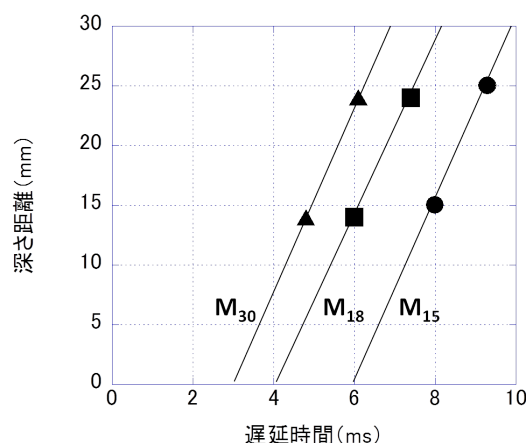


図1. 磁性粒子径を変化させたときの遅延時間と磁性流体の深さ距離の関係

## 参考文献

- 1) 掛川健司 ほか, 第32回日本磁気学会学術講演会概要集 (2008) 12pC-10
- 2) M.Tano et al: Extremely long signal delays from magnetic particles, *Mater. Lett.* Vol.98, pp51-54, 2013.