20a-S2-10

核磁気共鳴法による核バーネット効果の観測

Observation of nuclear Barnett effect by nuclear magnetic resonance

原子力機構先端研 [1]，東北大金研 [2]　○(PC) 中堂博之 [1]，小野正雄 [1]，針井一哉 [1]，松尾衛 [1]，家田淳一 [1]，春木理恵 [1]，岡安悟 [1]，安岡弘志 [1]，前川禎通 [1]，齊藤英治 [1, 2]

ASRC JAEA[1], IMR Tohoku Univ.[2] ○(PC)Hiroyuki Chudo[1], Masao Ono[1], Kazuya Harii[1], Mamoru Matsuo[1], Jun'ichi Ieda[1], Rie Haruki[1], Satoru Okayasu[1], Hiroshi Yasuoka[1], Sadamichi Maekawa[1], Eiji Saitoh[1,2]

E-mail: chudo.hiroyuki@jaea.go.jp

スピン角運動量と力学的回転運動の間に成り立つ角運動量保存則は機械的機能素子の新たな駆動原理として期待されている。スピンと回転運動の角運動量保存則が起源となる典型的な現象としてアインシュタイン･ドハース効果とバーネット効果があげられる。前者は物体に磁場を印加し、物体が磁化すると物体が回転する現象である。後者は物体を高速で回転させると物体に磁場が生じる現象である。我々は、原子核に働く、物体の回転運動によって生じる磁場（バーネット磁場）を核磁気共鳴（NMR）法を用いて観測することに成功した [1]。磁気共鳴法を用いてバーネット磁場を観測する際に重要なことは、回転する試料と同じ角速度で回転する座標系から磁気共鳴を観測することである。この理由は、試料だけを回転した場合には試料と信号検出部（NMR コイル）に相対運動があるためにドップラー効果が生じ、回転する物体中の本来の NMR 周波数を測定できないからである。これを克服するために、ワイアレス共振回路技術 [2] を応用し、NMR コイルを試料と同じ角速度で回転する方法（コイル回転法）を考案した（図**??**）。

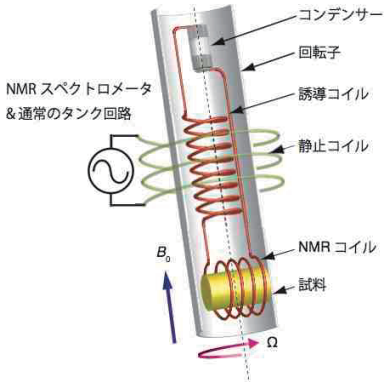

図 1: 新規開発した回転コイル。

誘導コイル と静止コイルは機械的に切り離されており回転子は自由に回転できる一方で、電気的には結合しており相互誘導によって回転子外部の静止コイルから回転子内部の誘導コイル にラジオ波を誘導できる仕組みになっている。回転子内部では、誘導コイル、NMR コイルとコンデンサーが共振回路を構成しており、コンデンサーの容量を調節することで測定周波数に同調する。NMR コイルは回転軸、外部磁場 B_0 に対して垂直方向に配置し、核スピン系を励起できる配置になっている。バーネット磁場 B_Ω は回転軸方向に生じるために回転試料中の核が感じる内部磁場 B_n は

$$B_n = B_0 + B_\Omega(\Omega) \tag{1}$$

となり、回転数 Ω を変化させると B_Ω が変化するので、NMR 共鳴線のシフトが観測される。

測定には鋭い共鳴線が得られる非磁性、絶縁体中の ^{7}Li（LiF）、^{19}F（LiF）、^{23}Na（NaCl）、^{115}In（InP）、^{29}Si（Si）、^{119}Sn（SnO_2）を用いた。すべての核種において、回転数に比例して NMR 共鳴線がシフトすることがわかった。シフトの絶対値は回転数と同程度である。また、磁場の方向に対して回転方向を反転するとシフト方向が反転する。さらに、正の核磁気モーメントを持つ核種（^{7}Li、^{19}F、^{23}Na、^{115}In）では回転に対するシフトの応答係数は 1 であるのに対して、負の磁気モーメントを持つ核種（^{29}Si、^{119}Sn）では－1 である。回転の向きと磁気モーメントの符号に依存した共鳴線のシフトはバーネット磁場の振る舞いと一致する。

[1] H. Chudo, et al. Appl. Phys. Express **7** (2014) 063004.
[2] D. Sakellariou, G. Le Goff and J. -F. Jacquinot Nature **447** (2007) 694.

© 2014 年　応用物理学会