

回転核磁気共鳴におけるベリー一位相

Berry phase in spinning nuclear magnetic resonance

原子力機構先端研¹, 東北大金研² ○(PC) 針井 一哉¹, 中堂 博之¹, 小野 正雄¹,松尾 衛¹, 家田 淳一¹, 岡安 悟¹, 安岡 弘志¹, 前川 禎通¹, 齊藤 英治^{1,2}ASRC JAEA¹, IMR Tohoku Univ.² ○(PC) Kazuya Harii¹, Hiroyuki Chudo¹,Masao Ono¹, Mamoru Matsuo¹, Ieda Jun'ichi¹, Satoru Okayasu¹,Hiroshi Yasuoka¹, Sadamichi Maekawa¹, Eiji Saioto^{1,2}

E-mail: harii.kazuya@jaea.go.jp



スピン角運動量を持つ物体を力学的に回転させるとスピン-回転相互作用と呼ばれる相互作用が生じる。この相互作用は有効磁場とみなすことができる。このことを使って近年、固体中の核スピンの働くスピナー-回転相互作用を磁気共鳴の周波数シフトによってとらえることに初めて成功した [1]。この系ではさらに、回転軸を印加磁場軸から傾けることで試料からみた印加磁場が回転的に時間変化する状態を作り出すことができる。その結果、固有状態の時間変化を通じたベリー一位相 [2] が共鳴周波数のシフトを引き起こす。スピナー-回転相互作用とベリー一位相の両者が関与した核磁気共鳴周波数のシフトに関する理論ならびに実験を報告する。

理論面では、1) 磁場と回転軸が傾いた測定系で観測される共鳴周波数のシフトにはスピン-回転相互作用によるエネルギー変化とベリー一位相の蓄積の寄与が含まれる、2) 外部磁場と回転軸のなす角度によって両者の寄与の大きさが変化する、3) 周波数シフトは正負存在し、両者の共鳴強度が角度によって変化する、などを示す。

加えて、³¹P を用いた実験を報告する。この実験により、単一サイトのスピン 1/2 核からの共鳴線が複数に分裂する効果を初めて観測した (図 1)。測定には、検出コイルを回転軸と垂直にする改良を施したコイル回転法 [3] を用い、シングルパルスによる Free Induction Decay を高速 Fourier 変換することで NMR スペクトルを得た。回転による尖鋭化の影響を除去するため、試料には液体である H₃PO₄ 中の ³¹P を選択した。回転には圧縮空気を動力とするマジック角回転 NMR 測定装置を用い、すべての測定は室温で行った。測定された共鳴ピークの周波数シフト量とピーク強度は理論計算とよく一致した。

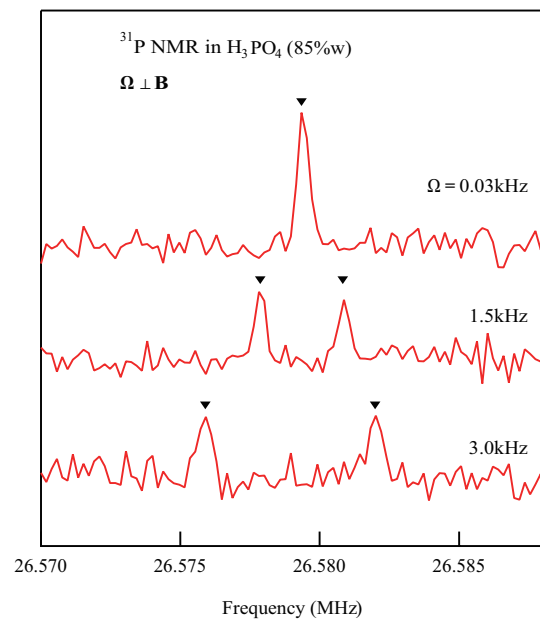


図 1: 回転軸と磁場が垂直な配置での ³¹P-NMR スペクトルの回転速度依存性。30 Hz の低速で回転させた際に観測された ~26.58 MHz を中心とする共鳴ピークは Ω が上昇するにつれて 2Ω の分裂幅で 2 つに分裂した (図中▼)。

[1] H. Chudo, *et al.*, Appl. Phys. Express. **7**, 063004 (2014).

[2] M. V. Berry, Proc. R. Soc. A **392**, 45 (1984).

[3] D. Sakellariou, G. Le Goff, and J. -F. Jacquinot, Nature **447**, 694 (2007).