



Title	NMR Study of Spin Fluctuation and Superconductivity in High-Tc Cuprates
Author(s)	真岸, 孝一
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3110118
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	眞 岸 孝 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 4 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	NMR Study of Spin Fluctuation and Superconductivity in High- T_c Cuprates (銅酸化物高温超伝導体におけるスピニゆらぎと超伝導のNMRによる研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 朝山 邦輔
	(副査) 教 授 鈴木 直 教 授 那須 三郎 助教授 北岡 良雄

論 文 内 容 の 要 旨

高温超伝導の発現機構は未だに明らかではない。本研究では次の 2 つの問題を通してその解明に迫った。

- 1) Hg 系高温超伝導体の超伝導転移温度 (T_c) が高い原因は何か?
- 2) ホールのヘビードーピングによって (T_c) が低下する原因は何か?

研究手段としては核磁気共鳴法を用い、高温超伝導の本質を担っていると考えられる CuO_2 面のミクロな性質を調べた。

$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$ (Hg1223) は、 T_c が 133K と既存の超伝導体の中で最も高い。この系は 4 配位および 5 配位の 2 種類の CuO_2 面を持つが、とりわけ 4 配位の CuO_2 面において、反強磁性スピニゆらぎの特性エネルギー (Γ_q) と交番磁化率 (χ_q) との積 ($\Gamma_q \chi_q$) の値が、5 配位の CuO_2 面や $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ($T_c=92\text{K}$) での値に比べて大きいことが、核スピン-格子緩和時間 ($1/T_1$) および核スピン-スピン緩和時間 ($1/T_{2G}$) の解析から分かった。 $\Gamma_q \chi_q$ は、スピニゆらぎに基づく超伝導モデルで評価される T_c の値に比例しており、4 配位の CuO_2 面における大きい $\Gamma_q \chi_q$ が Hg1223 の高い T_c の原因ではないかと考えられる。

一方、 $\text{TlSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{7-\delta}$ (Tl1212) は、ホールドーピングに伴って T_c が低下する典型的なヘビードープ超伝導体である。本研究では、 $T_c=70\text{K}, 52\text{K}, 10\text{K}$ の 3 つの試料を用いて、ヘビードープ超伝導体の性質を系統的に調べた。 $1/T_1$ および $1/T_{2G}$ の解析から、 T_c の低い試料ほど反強磁性磁気相関長が短くなっている、その結果として $\Gamma_q \chi_q$ の値が小さくなることが分かった。したがって、ホールのヘビードーピングによる T_c の低下はスピニゆらぎに基づく超伝導モデルでうまく説明できる。

また、超伝導状態の性質は、Hg1223 および Tl1212 とも、他の高温超伝導体と同様に、異方的な超伝導ギャップを持つ d 波超伝導モデルでうまく説明できる。スピニゆらぎに基づく超伝導モデルでは d 波超伝導が実現することが示唆されており、この性質は常伝導状態でのものと矛盾しない。

したがって、以上の常伝導および超伝導状態での性質はスピニゆらぎに基づく超伝導モデルでうまく説明でき、高温超伝導はスピニゆらぎに起因していることが強く示唆される。

論文審査の結果の要旨

銅酸化物高温超伝導体において現在までの研究でクーパー対はd波対に絞られつつあり、引力の原因がスピニルラギにある可能性が高い。

本研究は今まで最高のT_cを持つHgBa₂Ca₂Cu₃O_y系とオーバードープ系TlSr₂CaCu₂O_y系のCuO₂面のCuのNMRを行い超伝導発現機構を解明しようとするものである。

まずT_c以下のスピニルラギ緩和率1/T₁とナイトシフトの温度依存性はいずれも他の系と同様d波対モデルで良く説明できる。

反強磁性スピニルラギを媒介にした引力機構では、T_cはΓ_qξ²に比例する。(Γ_qはスピニルラギの特性エネルギー、ξは磁気コヒーレンス長である。) T_c以上、常伝導状態でCuの1/T₁と1/T_{2G}(核スピニルラギ緩和時間)およびナイトシフトの解析から、χ_qΓ_qの大きさを求めた。(χ_qは交番帯磁率である。)

水銀系では4配位と5配位のCuO₂面があるが4配位の銅サイトでは、χ_qΓ_qがYBa₂Cu₃O₇(T_c=92K)の3に比べて5と大きい。また、TlSr₂CaCu₂O_yでは酸素の量に応じてT_cが70K, 52K, 10Kと下がるがこれに対応して、χ_qΓ_qが1.5, 1.2, 1と減少する。χ_qがξ²に比例するとするとT_cの値とχ_qΓ_qの値が対応しており、スピニルラギを媒介とした引力機構を強く支持している。

以上、この研究は、高温超伝導の発現機構の解明に重要な寄与をなすものと考えられ、博士論文としての価値があるものと認められる。