The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study of Electronic Raman Scattering and Angle-resolved Photoemission Spectra of Bi2Sr2CaCu2O8+d Superconductors
Author(s)	Nguyen, Hieu
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/50464
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (Nguyen Trung Hieu)	
Title	Study of Electronic Raman Scattering and Angle-resolved Photoemission Spectra of $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ Superconductors ($Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$超伝導体のラマン散乱分光および角度分解光電子分光の研究)

Abstract of Thesis

The mechanism of high T_c superconductors is a mystery and a central problem of solid state physics. This research is to answer some puzzles in electronic Raman scattering and ARPES data, and I hope that it is helpful in the study of the mechanism. What are the puzzles? As you may know, superconductivity appears in a T_c dome. In Raman data, the B_{1g} peak appears and develops in the superconducting state. However, the B_{1g} peak energy does not follow the T_c dome; it increases with underdoping. So the question is: what is the B_{1g} peak? Does it relate to the pseudogap, a strange state which usually observed in the normal state of cuprates of underdoped samples? In ARPES data, there is a deviation from *d*-wave pairing in the antinodal region, which can be caused by pseudogap. By underdoping, the antinodal gap also increases as the B_{1g} peak energy, and this behavior is also observed for ARPES pseudogap in the normal state. Therefore, the question is: what is ARPES antinodal gap? Does it relate to the pseudogap? ARPES is a single-particle method whereas Raman is a two-particle method. If we measure for the same object, the results obtained from these two methods should be consistent. However, Raman B_{1g} gap seems smaller than ARPES antinodal gap, which probe the electronic structure in the antinodal region. Is this difference intrinsic? Besides, understanding of Raman spectra from calculation models is not fully clear and not consistent with ARPES data. We need a unified picture to understand Raman and ARPES data.

In this study, the approach is as follows. We measure Raman spectra and ARPES for $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ single crystals on the same sample or samples from the same batch at temperature well below T_c. After that, from ARPES experimental data, we calculate Raman spectra. The calculated spectra then are compared to the experimental ones. Single crystals with different carrier doping levels, from underdoped (Tc = 75K) to overdoped (Tc = 85K), were studied. From the obtained results, we try to understand the electronic state of high-T_c superconductivity and answer the questions. This approach is the first trial in the world!

Some conclusions were obtained from this study. Electronic Raman spectra were well reproduced from ARPES data using Kubo formula, on whole Brillouin zone, with Shirley background subtraction and with k-dependence of intensity profile of the spectral function. The calculated spectra are more realistic than the ones from a well-known theory so called kinetic theory. This means that Raman and ARPES can be understood with the same gap profile. Namely, the nodal slope of gap profiles is independent for a wide range of doping levels. What we know from the result is that Raman B_{1g} and ARPES antinodal gap are affected by pseudogap. Raman B_{1g} gap is affected moderately whereas ARPES antinodal gap is affected strongly. It means that the pseudogap coexists with the superconductivity even at low temperature and there is competition between them in the antinodal region. From the results we also know that the antinodal region gets more spectral weight and contributes to superconductivity with doping. This doping dependence of spectral weight in the antinodal region is an interesting result that cannot be obtained solely by ARPES but by comparing Raman and ARPES.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（Nguyen Trung Hieu　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	田島　節子
	副 査　教授	野末　康夫
	副 査　教授	木村　真一
	副 査　准教授	宮坂　茂樹
	副 査　准教授	田中　清尚

論文審査の結果の要旨

本論文は、銅酸化物高温超伝導体研究において大きな謎となっている「２種類の超伝導ギャップエネルギー」の問題に、ラマン散乱分光と光電子分光の二つの分光手法から取り組んだ研究結果をまとめたものである。

銅酸化物超伝導体の超伝導ギャップは、運動量(k)空間において異方的であるため、k 依存性を測定できる実験手法が必須となっている。ラマン散乱分光と角度分解光電子分光(ARPES)は、その代表的な二つの手法である。しかしながら、両者の観測結果は必ずしも一致した電子描像を与えず、何が「真の超伝導ギャップ」なのか、いまだに解決していない。そこで、本研究では同一結晶を用いて両方の分光測定を行い、それを比較することで両者の不一致の原因を探ることを試みた。原理的には、ARPES の実験データからラマン散乱スペクトルを計算できるはずであるが、これまで超伝導ギャップ励起についてそのような試みの報告はなかった。

Nguyen Trung Hieu 君は、自ら育成した $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+z}$ 超伝導体の単結晶を用いて、複数のキャリア濃度についてラマン散乱スペクトルと ARPES の測定を行い、両者を比較した。比較にあたって、計算方法やモデルに関して次のような工夫を行い、最適化した。i)久保公式を用いたこと、ii)フェルミ面上だけでなくブリルアンゾーン全体のデータを用いたこと、iii)ARPES のスペクトルからバックグランドを差し引いたこと、iv)ARPES データの Matrix Element 効果を考慮したこと。このモデル計算によって、ARPES の実験データを使って、B_{1g} 偏光と B_{2g} 偏光のラマン散乱スペクトルの両方が、キャリア濃度依存性も含めてよく再現できることがわかった。

これらの結果から以下の結論が得られた。①過剰ドープ組成では、すべてのフェルミ面の電子が超伝導ギャップに寄与するが、不足ドープ組成ではノード付近の一部のフェルミ面しか寄与しない。②ノード付近のギャップの大きさや k 依存性は、キャリア濃度に依存せず一定であり、超伝導転移温度を決定する重要因子は、超伝導に寄与するフェルミ面の面積である。③アンチノード付近の超伝導ギャップは、ARPES でもラマン散乱でも、著しく擬ギャップの影響を受けており、真の超伝導ギャップを反映していない。擬ギャップの影響は、ARPES の方がラマン散乱より大きい。

以上の結果は、銅酸化物の高温超伝導を理解するにあたり、超伝導ギャップが擬ギャップによる変調を受けるという特異な電子状態を考慮する必要があることを示しており、超伝導メカニズム解明に大きく貢献するものである。また、ラマン散乱スペクトルがどのような因子で決まっているか、詳細な情報が得られた点も高く評価できる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。