

物性研滞在型国際ワークショップ・シンポジウム

Emergent Quantum Phases in Condensed Matter

– from topological to first principles approaches

(凝縮系に創発する量子相 – トポロジーから第一原理計算に至るアプローチ)実施報告

押川 正毅・高田 康民

滞在型国際ワークショップ・シンポジウム“Emergent Quantum Phases in Condensed Matter – from topological to first principles approaches”が 2013 年 6 月 3 日～21 日の 3 週間の期間で開催された。運営資金は物性研(所長裁量経費・短期研究会経費)のほか、計算物質科学イニシアチブ、元素戦略、ICAM-I2CAM などからの援助に基づいている。ワークショップでの講義数は物性研談話会や理論セミナーも含めて全部で 14、ワークショップとシンポジウムを併せて 30 講演数は 53、シンポジウムでのポスター発表数は 47 であった。参加者は 160 名で、そのうち外国人は 35 名であった。国内外の遠くからの参加者と共に、物性研の多くの所員が出席し、討論にも活発に参加していた。

さて、本ワークショップ・シンポジウムでは、表題の通り、近年急速に展開しているトポロジカル絶縁体をはじめとする新奇な量子相について、トポロジーなどの数学的概念に立脚した抽象的理論と、物質の微視的構造に基づいた第一原理計算の二つのアプローチの橋渡しと融合が主要な目的であった。もちろん、これらの間の区分が厳密につくわけではないが、多くの研究者はいずれかのバックグラウンドを持ち、それぞれの「文化」を持っている。しかし、最近の急速な進展は、抽象的な理論による予言の実現や検証における第一原理計算の必要性や、逆に現実の物質の性質の理解における理論的枠組の重要性を今まで以上に強く示している。物性研での滞在型国際ワークショップとしては、2008 年に“Topological Aspects of Solid State Physics”で抽象的な理論を中心に、また 2007 年の“Foundations and Applications of Density Functional Theory”、2012 年の“Material Simulation in Petaflops Era”等では第一原理計算を中心として開催したが、上述の背景のもとで、今回の企画は時宜にかなったものであった。

ワークショップ期間中は、午前中に 1 時間半の入門的な講義を行い、午後には主に若手研究者による最近の研究報告(30 分講演)を 2 件というフォーマットを原則とし、自由討論の機会と時間を多く確保するように努力した。ワークショップは、若手だがトポロジカル絶縁体の概念の建設に重要な役割を果たした Lian Fu 氏(MIT)による講義から始まった。これは、量子物質におけるトポロジカル相のレビューから最近の“Crystalline Topological Insulator”をカバーした、柿落しにふさわしいものであった。次に講義を行った David Vanderbilt 氏(Rutgers)は、長年物性理論に基礎的で重要な貢献をしてきた。特にバンド構造とベリー位相に関する研究は最近のトポロジカル絶縁体の研究で非常に重要となっており、第一原理計算でも活用されている。氏は今回のワークショップにまさに理想的な講師と言え、講義は参加者からも大変好評であった。第一原理計算側では、Gianni Profeta 氏(University of L'Aquila)が第一原理計算によるフォノンの特性の計算と、その BCS 超伝導転移への応用について明快な講義を行った。また、Frank Marsiglio 氏(Alberta)は超伝導の Eliashberg 理論について、歴史的な概観から今後の展望まで含めた講義を行い、貴重な機会となった。これら講義に加え、ワークショップ参加者の Yong Baek Kim 氏(Toronto)が物性研談話会にて“Topological Phases in Correlated Materials”と題して講演し、ワークショップ参加者のみならず物性研全体に今回のワークショップの主要なテーマの一つであるトポロジカル相の意義をわかりやすく導入した。

これらの入門的講義は、参加者が特に自分の専門と異なるアプローチに関して理解を得るのに有用であった。また、講義や講演の内容をきっかけにインフォーマルな議論が発展することもあった。昼食後や講演後のコーヒールームや、議論用に確保したセミナー室では、ワークショップ期間中、常に活発な議論が繰り広げられていた。また、国内外から多くの若手研究者が参加したことも、ワークショップの活性化に寄与したものと考えられる。



7月12日～14日の3日間はシンポジウム期間とし、国内外から多数の研究者が最新の研究成果について講演やポスター発表を行った。その内容は多岐にわたるが、特に集中して議論されたテーマとしては磁性体における Skyrmion 結晶、トポロジカル絶縁体における輸送現象、電子間相互作用とトポロジカル絶縁体、量子スピナイス、量子スピン液体、量子エンタングルメントとトポロジカル相などが挙げられる。実験的研究が進められているテーマについては、中心的な役割を果たしている実験家も招待して講演して頂いた。シンポジウム期間は、ワークショップ期間に増して多くの参加者があり、3日間の延べ参加者数は351名に達した(ワークショップ期間12日間の延べ参加者数は369人)。これは、2つの異なるアプローチの融合をテーマとしたために参加者層が拡大したことに加え、物質に創発するトポロジカル相などの量子相が物性物理のテーマとして確立し、国内でも特に若手研究者が多く取り組むようになったことによるものと考えられる。

多数の第一線の研究者による優れた講演があったため、この報告では個々の講演に触れるのはワークショップ期間中の海外招待講演者に限ることとするが、今回のワークショップ・シンポジウムは世界的な最新の研究の動向を把握するだけでなく、国内の研究水準の高さを示す機会にもなった。実際、いくつもの国内からの講義や講演は海外招待講演者のレベルをも凌ぐのではないかと思わせた。

最後になるが、このワークショップ・シンポジウムを実施するにあたり、理論秘書の方々、物性研国際交流室の方々、事務部、特に、共同利用係・総務係・経理係の方々のご協力に感謝します。また、青木秀夫教授、今田正俊教授、藤本聡准教授、有田亮太郎准教授、小野田繁樹博士、多田靖啓助教などの組織委員会の方々、瀧川仁所長をはじめとして所内外で参加協力頂いた多くの方々に感謝します。

以下にワークショップ・シンポジウム(口頭講演のみ)のプログラムを掲載するが、ポスター発表やアブストラクト等の詳細については、ワークショップのウェブページ <http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/public/EQPCM/> を参照されたい。

Workshop Program

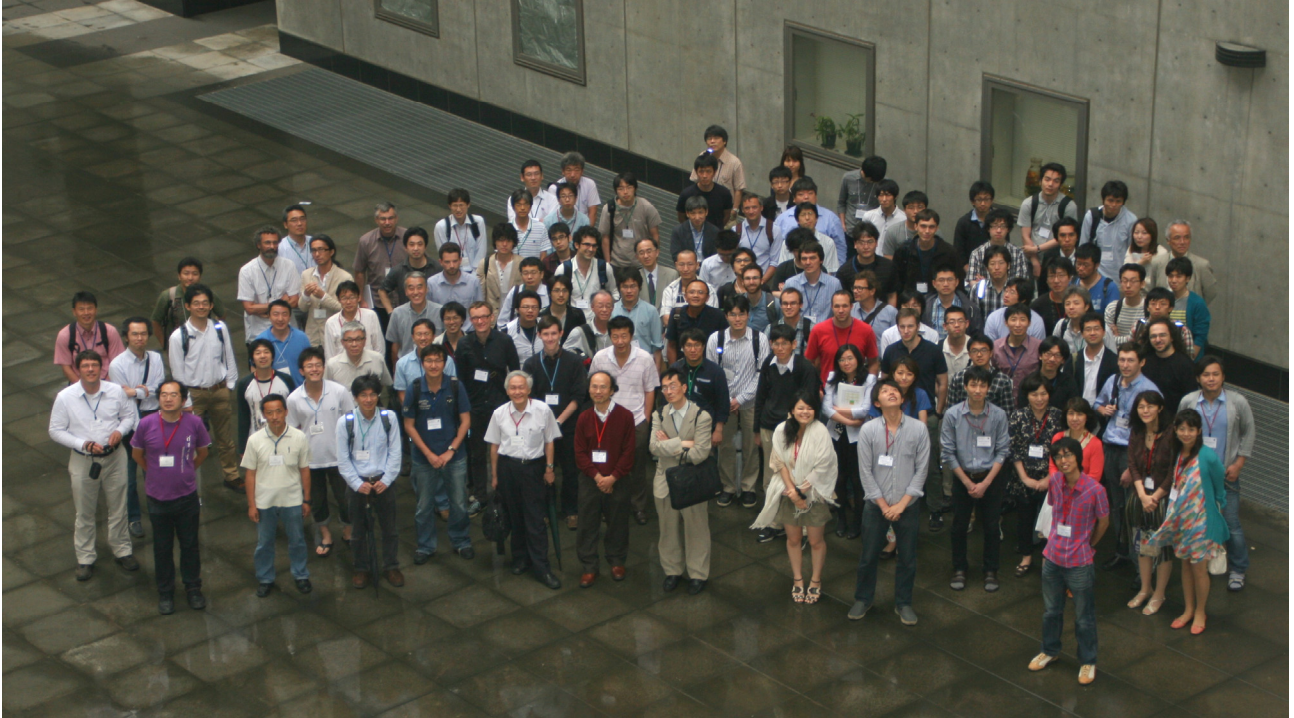
	Lectures	Short talks
June 3 (Mon)	Liang Fu (MIT) <i>Topological Crystalline Insulators</i>	H. Ishizuka (U Tokyo) <i>Monte Carlo Study of Spin-Ice type Kondo Lattice Model</i> M. Lajko (Wigner Research Center for Physics, Budapest) <i>Exact ground states and deconfined gapless excitation for the three-leg spin-1/2 tube</i>
June 4 (Tue)	D. Vanderbilt (Rutgers) <i>Berry phases and curvatures, hybrid Wannier centers, and topological insulators</i>	Y. Tada (ISSP) <i>Study of f-electron Superlattice</i> H. Maebashi (ISSP) <i>Pseudoelectron Excitation in the Luttinger Liquid</i>
June 5 (Wed)	Y. Hatsugai (Tsukuba) <i>Symmetry, Berry connection and bulk-edge correspondence</i> Y. B. Kim (Toronto) <i>Topological Phases in Correlated Materials</i> (ISSP Colloquium)	M. Ferrero (Ecole Polytechnique) <i>How bad metals turn good: spectroscopic signatures of resilient quasiparticles</i> N. Arakara (U Tokyo) <i>Quantum Criticality and Orbital-dependent Renormalization of Quasiparticles in $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$</i>

June 6 (Thu)	Masatoshi Sato (Nagoya) <i>Topological Superconductors</i>	
June 7 (Fri)	G. Profeta (L'Aquila) <i>Phonon, electron-phonon interaction and superconductivity from first-principles density functional theory</i>	K. Imura (Hiroshima) <i>Protection of the surface states in topological insulators: Berry phase perspective</i> T. Yoshida (Kyoto) <i>Correlation effects on topological insulators - a dynamical mean field approach -</i>
June 10 (Mon)	A. Furusaki (RIKEN) <i>Classification of topological insulators and superconductors</i>	H. Jeschke (Frankfurt) <i>Realistic many-body calculations with spatial correlations and for systems with molecular orbitals</i> J. M. Tomczak (Vienna U Tech) <i>Many-body effects in iron pnictides and chalcogenides: separability of non-local and dynamical correlation effects</i>
June 11 (Tue)	F. Marsiglio (Alberta) <i>Eliashberg theory of superconductivity: do we have it right?</i>	J. M. Maciejko (Princeton) <i>Topological insulators: interaction effects and new states of matter</i> Masahiro Sato (Aoyama Gakuin) <i>Triple-density-product and loop-current orders in multi-component Boson, Fermion, and spin systems</i>
June 17 (Mon)	S. Ishihara (Tohoku) <i>Orbital Frustration and Entanglement with Spin and Lattice Degrees of Freedom</i>	T. Sugimoto (JAEA) <i>Phase transition induced by magnetic field in a two-leg spin-ladder system</i> N. Tsuji (U Tokyo) <i>Quantum interaction quench in the presence of a long-range order</i>
June 18 (Tue)	M. Oshikawa (ISSP) <i>Topological quantum numbers and Dirac fermions</i>	Y. Nishida (Tokyo Tech) <i>Efimov effect in quantum magnets</i> T. Kimura (RIKEN) <i>Spin transport via gauge/gravity duality</i>
June 19 (Wed)	T. Miyake (AIST) <i>Electron theory of permanent magnets</i>	H. Watanabe (UC Berkeley) <i>Non-Fermi Liquid behavior in Skyrmion crystals</i> I. Kimchi (UC Berkeley) <i>Fully symmetric and non-fractionalized Mott insulators at fractional site-filling</i>
June 20 (Thu)	T. Sakai (JAEA) <i>Topological Aspects of the Quantum Spin Nanotube</i>	E.-G. Moon (UC Santa Barbara) <i>Non-Fermi liquid and topological states with strong spin-orbit coupling</i> B.-J. Yang (RIKEN) <i>Theory of topological quantum phase transitions in 3D noncentrosymmetric systems</i>
June 21 (Fri)	Y. Takada (ISSP) <i>Philosophy of DFT: How can we accurately calculate physical quantities from first principles?</i>	



Symposium Talks

June 12 (Wed)	<p>A. Rosch (Cologne) <i>Magnetic whirls and emergent monopoles in chiral magnets</i></p> <p>Y. Onose (U Tokyo) <i>Topological effects on magnetic excitations in magnetic materials</i></p> <p>A. A. Taskin (Osaka) <i>Transport Studies of Epitaxial Thin Films of Topological Crystalline Insulators</i></p> <p>S. Murakami (Tokyo Tech) <i>Berry curvature and topological phases for magnons</i></p> <p>A. Kimura (Hiroshima) <i>Probing spin textures of topological surface states in ternary chalcogenides</i></p> <p>K. Nomura (IMR, Tohoku) <i>Electromagnetic and Thermal responses in Topological Insulator and Superconductors</i></p> <p>N. Kawakami (Kyoto) <i>Quantum phase transitions in correlated topological insulators</i></p> <p>X. Hu (NIMS) <i>Antiferromagnetic topological insulator: model analysis and material design</i></p> <p>S. Fujimoto (Kyoto) <i>Topological electromagnetic and thermal responses of time-reversal invariant superconductors and chiral-symmetric band insulators</i></p> <p>M. S. Bahramy (RIKEN) <i>Emergent phenomena in giant bulk Rashba semiconductors</i></p> <p>X. Dai (IOP, Beijing) <i>Search for Topological insulators in mixed valence compounds</i></p> <p>H. Ikeda (Kyoto) <i>Recent progress on the first-principles analysis in heavy-electron systems</i></p>
June 13 (Thu)	<p>F. F. Assaad (Wurtzburg) <i>Phase diagram of the Kane-Mele Hubbard model</i></p> <p>M. Imada (U Tokyo) <i>Effects of electron correlation on topological materials</i></p> <p>K. Ueno (U Tokyo) <i>Peculiar superconductivity on SrTiO₃ surface induced by electric field-effect</i></p> <p>R. Arita (U Tokyo) <i>Density Functional Theory for Plasmon-assisted Superconductivity</i></p> <p>T. Oka (U Tokyo) <i>Vacuum engineering: Breakdown to topological control</i></p> <p>F. Pollmann (MPIPKS, Dresden) <i>Topological characterization of fractional quantum Hall ground states from microscopic Hamiltonians</i></p> <p>L. Fidkowski (Stony Brook) <i>Symmetry Protected and Enriched Topological Phases</i></p> <p>N. Nagaosa (RIKEN/U Tokyo) <i>Topological particle in magnets – Skyrmion –</i></p> <p>Y. Tanaka (Nagoya) <i>Theory of superconducting topological insulator</i></p>
June 14 (Fri)	<p>H. Aoki (U Tokyo) <i>How can we manipulate graphene - chiral symmetry, topology and charged vacuum</i></p> <p>M. Ezawa (U Tokyo) <i>From Graphene to Silicene: Topological Phase Diagrams and Transitions</i></p> <p>K. Penc (Wigner Research Centre for Physics, Budapest) <i>Spin liquid phases in the SU(3) and SU(4) Heisenberg models on the honeycomb lattice</i></p> <p>Y.-J. Kao (NTU, Taipei) <i>Conductance Tensors of Quantum Multiwire Junctions through Entanglement Renormalization</i></p> <p>M. Yamashita (ISSP) <i>Study of elementary excitations of quantum spin liquid states in molecular-based materials</i></p> <p>K. Totsuka (Kyoto) <i>Symmetry-protected topological phases of alkaline-earth ultra-cold fermionic atoms in one dimension</i></p> <p>K. Hida (Saitama) <i>Topological Phases of the Spin-1/2 Ferromagnetic-Antiferromagnetic Alternating Heisenberg Chain with Frustrated Next-Nearest-Neighbour Interaction</i></p> <p>H. Akai (ISSP) <i>Designing permanent magnets from first-principles</i></p> <p>S. Nakatsuji (ISSP) <i>Quantum Fluctuations and Criticality in Pr based Spin Ice Systems</i></p> <p>S. Onoda (RIKEN) <i>Hydrodynamic theory for Coulomb and Higgs-confining phases in quantum spin ice</i></p> <p>L.-J. Chang (NCKU, Tainan) <i>Higgs transition from a magnetic Coulomb liquid to a ferromagnet in Yb₂Ti₂O₇</i></p> <p>L. Balents (UC Santa Barbara) <i>Quantum Spin Liquids, Density Matrix Renormalization Group, and Entanglement</i></p>



集合写真 (シンポジウム)



コーヒールームの様子 (ワークショップ)



議論の様子 (ワークショップ)

