

米 満 賢 治 (准教授) (1996 年 2 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：物性理論

A-2) 研究課題：

- a) 量子常誘電 - 強誘電相転移の臨界点近傍のコヒーレントな光誘起ダイナミクス
- b) α 型および θ 型有機塩 (BEDT-TTF)₂X の電荷秩序の異なる光誘起融解ダイナミクス
- c) 光励起された強相関電子系から格子系への速いエネルギー移動を可能にする相互作用
- d) 金属モット絶縁体界面を通した集団的電荷輸送の非平衡グリーン関数による解析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 交互積層型電荷移動錯体の DMTTF-QBr_nCl_{4-n} では常誘電中性相 - 反強誘電イオン性相の転移温度が n の増大とともに下がり, $n = 2$ で絶対零度付近となる。中性相では量子常誘電相に特有な誘電率の温度変化を示すことが知られている。この量子相転移付近の中性相で光照射すると, 電荷移動量に敏感な反射率成分が大振幅でコヒーレント振動することが最近報告された。そのメカニズムを, サイトあたり 3 状態をとる統計模型に量子トンネル項を加えて解析した。多体波動関数に対して時間依存シュレディンガー方程式を解いたところ, 量子臨界点近傍で振動の振幅が増大することがわかった。しかしダイナミクスに非線型性は現れず, 相転移を誘起しない実験事実と矛盾しない。
- b) 2次元 1/4 フィリング系の有機導体で全く同様な水平型電荷秩序をもつ α 型および θ 型の (BEDT-TTF)₂X は, 全く異なる光誘起融解挙動を示すことが知られている。これらの塩の電荷秩序に対して, これまで格子歪みによる安定化の度合いが大きく異なることを, 厳密対角化, 強結合摂動論, 平均場近似で示してきた。これを基に光誘起融解挙動を時間依存シュレディンガー方程式により求めると, 大きな相違が再現できた。格子の安定化度合いが大きい θ 型塩では, 分子の回転に由来する格子歪みが弱励起で生き残るが, これは一価に近い分子列と中性に近い分子列を交互に生むものの, 光励起による電荷移動では容易に消失しないからである。
- c) 光誘起相転移では分子密度に比べてずっと低い密度の光子で, 電子状態が巨視的に変わるので, 光スイッチなどへの応用が期待されている。そのためには絶縁体を光照射して生成した金属状態が高速に緩和することが期待され, 強相関電子系では実現している。そこで格子振動の重要性を考えて, 異なる型の電子格子相互作用を持つ強相関電子系で, 光励起された電子系から格子系へのエネルギー移動率を厳密な多電子波動関数により調べた。通常の電子格子相互作用は電子状態の対称性に関わる点では重要だが, エネルギー移動率は対称性によって大きく異なる。電子間斥力を変調する型の相互作用は平衡状態の性質には効かないが, 対称性によらずエネルギー移動に大きく関与する。
- d) 一般に異種物質は異なる仕事関数をもつため, 金属絶縁体界面にはショットキー障壁ができる。電位差の向きによって障壁の高さが変わるために, 電流の大きさも変わり, 通常の金属バンド絶縁体界面では整流作用が現れる。しかし金属モット絶縁体界面では電子相関のために整流作用が抑制されることを, 時間依存シュレディンガー方程式の数値解や有機結晶を用いたデバイスの実験から示してきた。定常状態を理論的に扱うために, 新たに非平衡グリーン関数を用いて輸送特性を計算し, 整流作用の抑制を再現するとともに, 電荷分布の計算からそのメカニズムを解明した。モット絶縁体に流入する電子や正孔は, 絶縁体内に非局在化し, 電子の集団運動を可能にしていた。

B-1) 学術論文

Y. TANAKA and K. YONEMITSU, “Charge Order with Structural Distortion in Organic Conductors: Comparison between θ -(ET)₂RbZn(SCN)₄ and α -(ET)₂I₃,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 034708 (9 pages) (2008).

N. MAESHIMA and K. YONEMITSU, “Polaronic States with Spin-Charge-Coupled Excitation in a One-Dimensional Dimerized Mott Insulator K-TCNQ,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 074713 (6 pages) (2008).

K. YONEMITSU and K. NASU, “Theory of Photoinduced Phase Transitions in Itinerant Electron Systems,” *Phys. Rep.* **465**, 1–60 (2008).

K. ONDA, S. OGIHARA, K. YONEMITSU, N. MAESHIMA, T. ISHIKAWA, Y. OKIMOTO, X. SHAO, Y. NAKANO, H. YAMACHI, G. SAITO and S. KOSHIHARA, “Photoinduced Change in the Charge Ordering Pattern in the Quarter-Filled Organic Conductor (EDO-TTF)₂PF₆ with a Strong Electron-Phonon Interaction,” *Phys. Rev. Lett.* **101**, 067403 (4 pages) (2008).

S. MIYASHITA and K. YONEMITSU, “Spin and Charge Fluctuations and Lattice Effects on Charge Ordering in α -(BEDT-TTF)₂I₃,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 094712 (6 pages) (2008).

K. YONEMITSU, “Enhanced Coherent Dynamics near a Transition between Neutral Quantum-Paraelectric and Ionic Ferroelectric Phases in the Quantum Blume-Emery-Griffiths Model,” *Phys. Rev. B* **78**, 205102 (5 pages) (2008).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. YAMASHITA and K. YONEMITSU, “Modified Barrett Formula near the Neutral-Ionic Quantum Phase Transition,” *J. Phys.: Conf. Ser.* **132**, 012019 (5 pages) (2008).

B-3) 総説，著書

米満賢治, 「光誘起相転移の理論——コヒーレント振動と過渡状態——」 *レーザー研究 (The Review of Laser Engineering)* **36**, No. 6, pp. 343–348 (2008).

B-4) 招待講演

米満賢治, 前島展也, 「擬1次元電荷格子秩序系の光誘起相転移と緩和過程」 学術創成研究会「金属錯体の固体物性科学最前線——錯体化学と固体物性物理の新奇融合領域創成をめざして——」 東北大学, 2008年3月.

K. YONEMITSU, N. MAESHIMA and Y. YAMASHITA, “Photoinduced Charge Dynamics in Organic Conductors and Coherent Neutral-Ionic/Polarization Dynamics in Quantum Paraelectrics,” International Symposium on Molecular Conductors 2008 “Novel Functions of Molecular Conductors under Extreme Conditions,” Okazaki (Japan), July 2008.

K. YONEMITSU, N. MAESHIMA, Y. TANAKA and S. MIYASHITA, “Photoinduced Melting and Charge Order in Quarter-Filled Organic Conductors: Itinerant Electron Systems with Competing Interactions,” Yamada Conference LXIII, 3rd International Conference on “Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena,” Osaka (Japan), November 2008.

米満賢治, 「金属絶縁体界面を通じた輸送の特性：電子相関と界面障壁」 第2回研究会「金属錯体の固体物性科学最前線——錯体化学と固体物性物理の新奇融合領域創成をめざして——」 東北大学, 2008年12月.

K. YONEMITSU, “Photoinduced Phase Transitions and Dynamics: Nonlinear Cooperative Phenomena Caused by Competing Interactions in Correlated Electron Systems,” NIMS Seminar, Tsukuba (Japan), December 2008.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本物理学会名古屋支部委員 (1996–1997, 1998–2000).

日本物理学会第56期代議員 (2000–2001).

日本物理学会領域7 (分子性固体・有機導体分野)世話人 (2003–2004).

日本物理学会第63期～第64期代議員 (2007–).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会産学協力研究委員会「分子系の複合電子機能第181委員会」委員 (2008–).

学会誌編集委員

日本物理学会誌, 編集委員 (1998–1999).

Journal of the Physical Society of Japan, 編集委員 (2006–).

B-8) 大学での講義, 客員

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「分子集団動力学」2008年1月15日–2月19日.

横浜国立大学大学院工学府, 「固体物性理工学」2008年11月20日–22日.

B-10) 競争的資金

奨励研究(A), 「二バンド系における強相関電子相と次元クロスオーバー」米満賢治 (1998年–1999年).

基盤研究(C), 「低次元分子性導体の電荷秩序と絶縁機構, 光誘起非線型ダイナミクス」米満賢治 (2000年–2002年).

基盤研究(C), 「分子性物質の光誘起相転移と非平衡秩序形成」米満賢治 (2003年–2006年).

特定領域研究(計画研究), 「極限環境下の分子性導体における集団的な電荷ダイナミクスの理論」米満賢治 (2003年–2007年).

基盤研究(C), 「分子性低次元導体の光誘起相転移動力学の理論」米満賢治 (2007年–2010年).

C) 研究活動の課題と展望

強相関電子系としての分子性導体における光誘起相転移のダイナミクスを実験研究との協力の下で進めてきた。多数の電子がかかわる超高速な時間変化について, 実験と理論の発展によって, より時間分解能での観測および計算による解釈が可能になってきた。これまで計算の制約上あまり扱えなかったが, これから必要になるものとして, 平衡状態の電子格子物性には関与しない分子軌道にいる電子や分子内振動に対応するフォノンの, 光励起直後の運動である。これらを通じて理解が深まれば, 近い将来に可能になるであろう, 電子励起の直接観測やコヒーレンスを再現でき, 光による電子物性制御に道が開けるだろう。これらと並行し 絶縁体金属界面を通した電荷輸送における 界面障壁と電子相関に由来するデバイス特性を, 実験研究との協力の下で進めてきた。量子的時間変化の直接計算のほかに, 非平衡グリーン関数による定常状態の計算も可能になり, 現象の解釈が容易になった。電位差以外の外場や電流以外の流れにも拡張でき, これまでと異なる視点での共同研究を計画している。