

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540443

研究課題名(和文)鉄系高温超伝導の発現機構と対称性

研究課題名(英文)Pairing mechanism and symmetry of iron-based high-temperature superconductivity

研究代表者

大野 義章 (&amp;#332;N0, Yoshiaki)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：40221832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：鉄系超伝導体の強相関効果を動的平均場理論+エリアシュベルグ法を用いて調べた。繰り込み因子は最近のARPES実験の通り顕著な軌道依存性を示し、磁気・軌道秩序は共にRPAの結果に比べて大きく抑制される。この時、磁気揺らぎによる $s_{\pm}$ 波超伝導も抑制されるが、軌道揺らぎによる $s_{++}$ 波超伝導は大きく拡がり安定化されることが分かった。また、Feのd電子とAsのp電子間相互作用の効果についても調べ、弾性定数C66のソフト化に対応する強軌道揺らぎを増強すると共に、d電子間相互作用に起因する反強磁性揺らぎと波数空間で住み分けて働くため互いに競合すること無く、協力して高い $T_c$ をもつ $s_{\pm}$ 波超伝導を導くことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Strong correlation effects in iron-based superconductors have been investigated by using the dynamical mean-field theory with the Eliashberg equation. The renormalization factor exhibits significant orbital dependence as observed in recent ARPES experiments. The magnetic and orbital orders are largely suppressed as compared with those from the RPA due to local correlation effects. Remarkably, the  $s_{++}$ -pairing phase due to the orbital fluctuation is largely expanded relative to the RPA result, while the  $s_{-}$ -pairing phase due to the magnetic fluctuation is reduced. The effect of the intersite Coulomb interaction between Fe d and As p electrons has also been studied and is found to enhance the ferro-orbital (FO) fluctuation responsible for the C66 elastic softening. The FO fluctuation and the antiferromagnetic fluctuation enhanced due to the onsite d-d Coulomb interaction cooperatively enhance  $T_c$  of  $s_{\pm}$ -wave superconductivity without any competition by virtue of the q-space segregation.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：鉄系超伝導体 高温超伝導発現機構 電子相関 電子格子結合 磁気揺らぎ 軌道揺らぎ d-p模型 動的  
平均場理論

### 1. 研究開始当初の背景

2008年に細野等によって発見された鉄系超伝導体  $RFeAsO_{1-x}F_x$  ( $R$ は希土類)は銅酸化物以外で初めて超伝導転移温度が 50K を超え、物質探索と超伝導の発現機構や対称性の解明の両面から精力的に研究が進められている。この系の超伝導を担う FeAs 面が 2 次元正方格子を形成する点は銅酸化物の  $CuO_2$  面と類似しているが、Cu の  $d_{x^2-y^2}$  軌道のみが主要な役割を果たす銅酸化物とは異なり Fe の複数の d 軌道が重要な役割を果たす新しい超伝導機構の可能性が期待されている。

母物質 ( $x=0$ ) は tetragonal から orthorhombic への構造転移 ( $T_S=155K$ ) とストライプ型反強磁性転移 ( $T_N=137K$ ) を示すが、FeAs 面に電子がドーピングされると両者は抑制・消失し超伝導が出現する。超伝導機構として、 $T_N$  に向けて発散的に増大する反強磁性揺らぎを媒介とする  $s_{\pm}$  波超伝導 (電子とホールフェルミ面間でギャップ関数が逆符号) と、 $T_S$  に向けて発散的に増大する軌道揺らぎを媒介とする  $s_{++}$  波超伝導 (ギャップ関数が同符号) が提案された。両者ともフルギャップである点は実験と対応するが、 $T_C$  の小さな非磁性不純物効果は  $s_{++}$  波を指示し、一方  $s_{\pm}$  波を支持する STM の実験もあり、論争が続いていた。

### 2. 研究の目的

鉄系超伝導体は Fe の d 軌道全てが関与する複雑に絡み合ったバンド構造とフェルミ面を持ち、電子とホールフェルミ面間ネスティングベクトルに対応する反強磁性磁気揺らぎを増強する d 電子間クーロン相互作用に加えて、格子との結合を通して弾性定数  $C_{66}$  のソフト化を導く軌道揺らぎを増強する電子格子相互作用の効果を検討する必要がある。このような複雑な量子多体問題に対して、これまでは主に乱雑位相近似 (RPA) 等の弱相関からのアプローチが用いられてきた。しかし、磁気揺らぎによる  $s_{\pm}$  波超伝導と軌道揺らぎによる  $s_{++}$  波超伝導のどちらが実現するかを結論づけるには、RPA を超えて相関効果をより正確に取り扱う必要がある。

そこで、本研究では電子相関効果を十分に考慮し、且つ複雑な多軌道・多バンドモデルにも適用可能な量子多体計算手法を開発する。得られた手法を鉄系超伝導体の基本モデルである多軌道八バンド (ホルスタイン) モデルに適用し、超伝導の発現機構や対称性を解明する。特に、電子相関と軌道-格子相関の協力効果によって増強される軌道揺らぎを媒介とする新しい超伝導機構の可能性を検証する。さらに、Fe の d 軌道に加えて As の p 軌道も顕著に考慮した d-p (ホルスタイン) モデルに基づき、d-p 電子間クーロン相互作用による軌道揺らぎの増強効果を明らかにする。

### 3. 研究の方法

鉄系超伝導体に対する乱雑位相近似 (RPA) などの弱相関からの摂動的アプローチは、角

度分解光電子分光 (ARPES) で観測されたバンド分散が、第一原理計算と比較してバンド全体を数分の 1 程度に繰り込むことによりほぼ再現されることから、正当化されてきた。しかし、最近の高分解能 ARPES 実験で、バンドの繰り込み因子の顕著なバンド・軌道依存性や、特定の軌道の繰り込み因子がゼロとなる軌道選択モット転移が発見され、従来の摂動的手法を超えて強相関・強結合効果を十分に考慮できる超伝導理論が必要不可欠となってきた。

そこで本研究では、強相関・強結合領域も記述できる非摂動的な手法である動的平均場理論 (DMFT) を用いる。DMFT は、モット転移や重い電子系磁性などの強相関電子状態の記述に有効であることが知られているが、自己エネルギー補正が局所近似されるため、超伝導ギャップ関数が波数に依存しない単純な s 波状態しか記述できないという問題があった。そこで本研究では、DMFT により求めた磁気・軌道 (電荷) 感受率に基づき超伝導の有効相互作用を導出し、これと DMFT による自己エネルギーが繰り込まれた 1 粒子グリーン関数を Eliashberg 方程式に用いることにより、ギャップ関数に波数依存性のある異方的超伝導も記述可能な計算手法 (DMFT+Eliashberg 法) を開発する。これにより、電子相関効果を十分に考慮して、鉄系超伝導の対称性が  $s_{\pm}$  波と  $s_{++}$  波のどちらであるかを議論することが可能となる。

### 4. 研究成果

#### (1) 構造転移と弾性定数 $C_{66}$ のソフト化

鉄系超伝導体に対する第一原理バンド計算を良く再現する 2 次元 16 バンド d-p 模型 (図 1) に基づき、電子間クーロン相互作用と電子フォノン相互作用の効果、まず乱雑位相近似 (RPA) の範囲で調べた。特に、orthorhombic 歪みと軌道揺らぎの結合効果により、強軌道秩序が tetra-ortho 構造転移を伴って実現し、その転移温度  $T_S$  が反強磁性転移温度  $T_N$  より高くなることを示した。これに

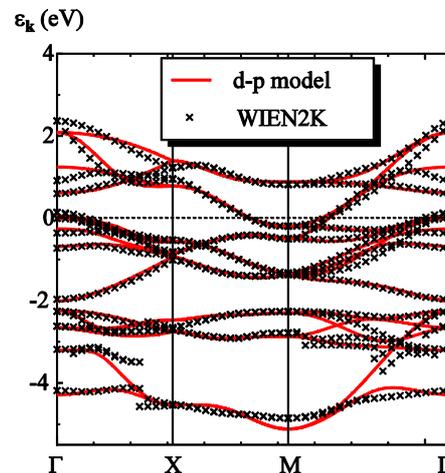


図 1 .2 次元 16 バンド d-p 模型と第一原理計算 (WIEN2k) のバンド構造の比較

より、鉄系超伝導体の実験の相図と、最近の超音波実験で観測された弾性定数  $C_{66}$  モードの巨大なソフト化を再現すると共に、このとき実現する超伝導は軌道揺らぎを媒介とする  $s_{\pm}$  波超伝導であることを明らかにした。また、RPA では考慮されない軌道揺らぎのモード間結合効果を SCR 理論および自己無撞着揺らぎ理論 (SCF) により調べ、超音波実験による弾性定数  $C_{66}$  の温度依存性を広い温度領域で良く再現する結果を得た。

## (2) 軌道選択モット転移

鉄系超伝導体に対する角度分解光電子分光 (ARPES) で観測されたバンド構造は、第一原理計算で得られたバンドを全体に  $Z=1/2\sim 1/5$  程度繰り込むことによりほぼ再現されると考えられてきたが、最近の高分解能 ARPES では繰り込み効果の大きなバンド (軌道) 依存性が観測され、さらに、特定の軌道の繰り込み因子  $Z$  がゼロとなる軌道選択モット転移の可能性も議論されている。そこで、鉄系超伝導体の第一原理計算に基づく 5 軌道八バンドモデルを、強相関領域も記述できる非摂動的手法である動的平均場理論 (DMFT) を用いて調べた。得られた局所自己エネルギーの強い軌道依存性から、 $d_{xz}$ 、 $d_{yz}$  および  $d_{x^2-y^2}$  軌道の繰り込み因子  $Z$  が他の軌道の  $Z$  に比べて非常に小さくなり、現実的な相互作用に対して繰り込まれたバンドが高分解能 ARPES を良く再現すると共に、軌道選択モット転移近傍の金属状態であることが分かった。

## (3) 強相関領域の磁気・軌道秩序と超伝導

DMFT に基づいて磁気感受率と電荷・軌道感受率を計算し、その発散によって系のとりうる秩序状態を調べた結果、ストライプ型反強磁性磁気秩序および強軌道秩序は従来の RPA の結果と比べて共に抑制され、特に両者が拮抗する領域では特に抑制が大きくなり、現実的な相互作用パラメータの値に対して磁気秩序と軌道秩序 (構造相転移) が実現する結果が得られた。さらに、磁気および電荷・軌道感受率から有効ペアリング相互作用を求め、DMFT+Eliashberg 法に基づき超伝導を議論した結果、従来の RPA の結果と比較して揺らぎが局所的に ( $q$  依存性が弱く) なるため、強い  $q$  依存性が必須の磁気揺らぎによる  $s_{\pm}$  波超伝導領域は大きく抑制されるのに対して、軌道揺らぎによる  $s_{\pm}$  波超伝導は  $q$  依存性が弱い方が超伝導に有利となるため大きく拡がり、 $s_{\pm}$  波超伝導に比べてより安定化されることが示された。

## (4) d-p 軌道相関効果

Fe の d 軌道に加えて As の p 軌道も顕わに含む 2 次元 16 バンド d-p 模型 (図 1) に基づき、Fe-d 電子と As-p 電子のサイト間クーロン相互作用に起因する新しい強軌道揺らぎ増大のメカニズムを提案した。まず、水素原子軌道型の波動関数を用いて d-p 電子間クー

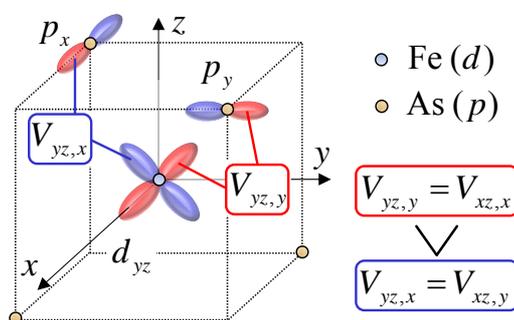


図 2 . d-p クーロン相互作用の軌道依存性

ロン相互作用の軌道依存性 (図 2) を定量的に計算し、現実的な d-p クーロン相互作用の値に対して弾性定数  $C_{66}$  のソフト化に対応する強軌道揺らぎが増大することを示した。この d-p クーロン相互作用は、d 電子間クーロン相互作用によって増大する反強磁性揺らぎには何ら影響せず、また従来の軌道揺らぎ理論とは異なり反強軌道揺らぎの増大も伴わない。このとき、強軌道揺らぎを媒介とする電子およびホールのそれぞれのフェルミ面内での引カペアリング相互作用と、反強磁性揺らぎを媒介とする電子とホールのフェルミ面間の斥カペアリング相互作用は、波数空間で住み分けて働くため互いに競合すること無く、協力して  $s_{\pm}$  波超伝導を導くため高い  $T_c$  が得られる。さらに、この強軌道揺らぎの協力の下で実現する  $s_{\pm}$  波超伝導は、従来の反強磁性揺らぎのみによる  $s_{\pm}$  波では説明できない小さな  $T_c$  の非磁性不純物効果の実験も説明できることが分かった。

## 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

J. Ishizuka, T. Yamada, Y. Yanagi, Y. Ōno, Dynamical mean-field study on the superconductivity mediated by spin and orbital fluctuations in the 5-orbital Hubbard model for iron pnictides, JPS Conf. Proc. (2014) 印刷中, 査読有

K. Sano, Y. Ōno, FFLO state and anomalous flux quantization in the one-dimensional attractive Hubbard models with imbalanced spin populations, JPS Conf. Proc. (2014) 印刷中, 査読有

T. Yamada, J. Ishizuka, Y. Ōno, Metal-insulator Transition and Superconductivity in the Two-orbital Hubbard-Holstein Model for Iron-based Superconductors, J. Phys. Soc. Jpn. 83 (2014) 044711/1-8, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.83.044711

T. Yamada, J. Ishizuka, Y. Ōno, A High-T<sub>c</sub>

Mechanism of Iron Pnictide Superconductivity due to Cooperation of Ferro-orbital and Antiferromagnetic Fluctuations, *J. Phys. Soc. Jpn.* 83 (2014) 043704/1-4, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.83.043704

J. Ishizuka, T. Yamada, Y. Yanagi, Y. Ōno, Local correlation effects on the  $s_{\pm}$ - and  $s_{++}$ -wave superconductivities mediated by magnetic and orbital fluctuations in the 5-orbital Hubbard model for iron pnictides, *J. Phys. Soc. Jpn.* 82 (2013) 123712/1-5, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.82.123712

J. Tada, M. Matsukawa, T. Konno, S. Kobayashi, M. Hagiwara, T. Miyazaki, K. Sano, Y. Ōno, A. Matsushita, Hall Coefficient in the Superconducting and Non-Superconducting  $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$  Compounds with Metallic Double Chains, *J. Phys. Soc. Jpn.* 82 (2013) 105003/1-2, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.82.105003

T. Chiba, M. Matsukawa, J. Tada, S. Kobayashi, M. Hagiwara, T. Miyazaki, K. Sano, Y. Ōno, T. Sasaki, J. Echigoya, Effect of Magnetic Field on the Superconducting Phase in the Electron-Doped Metallic Double-Chain Compound  $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15}$ , *J. Phys. Soc. Jpn.* 82 (2013) 074706/1-6, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.82.074706

K. Sano, Y. Ōno, Anomalous flux quantization in the spin-imbalanced attractive Hubbard ring, *J. Phys. Soc. Jpn.* 82 (2013) 054707/1-5, 査読有  
DOI: 10.7566/JPSJ.82.054707

大野義章、特集：物理科学，この1年「鉄系高温超伝導の発現機構」、*パリテイ*、27 巻 1月号 (2012) 30-33、査読無

T. Yamada, Y. Ōno, Dynamical mean-field theory for the anisotropic Kondo semiconductor: Temperature and magnetic field dependence, *Phys. Rev. B*, 85 (2012) 165114/1-10, 査読有  
DOI: 10.1103/PhysRevB.85.165114

T. Fuse, Y. Ōno, T. Hotta, Heavy-Electron Formation and Polaron-Bipolaron Transition in the Anharmonic Holstein Model, *J. Phys. Soc. Jpn.* 81 (2012) 105003/1-2, 査読有  
DOI: 10.1143/JPSJ.81.044701

Y. Ōno, Y. Yanagi, N. Adachi, Y. Yamakawa, Structural transition, ferro-orbital order and its fluctuation-mediated  $s_{++}$ -wave superconductivity in iron pnictides, *Solid State Communications*, 152 (2012) 701—710, 査読有  
DOI: 10.1016/j.ssc.2012.01.017

K. Mitsumoto, Y. Ōno, Heavy Fermions due to Cooperative Effects of Coulomb and Electron-Phonon Interactions in the Two-Orbital Periodic Anderson Model, *J. Phys. Soc. Jpn.* 80 (2011) SA138/1-3, 査読有  
DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA138

T. Fuse, Y. Ōno, Rattling-Induced Heavy Fermion State in the Anharmonic Holstein Model, *J. Phys. Soc. Jpn.* 80 (2011) SA136/1-3, 査読有  
DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA136

T. Yamada, Y. Ōno, Dynamical Mean-Field Study of Metamagnetism in Heavy Fermion Systems, *J. Phys. Soc. Jpn.* 80 (2011) SA131/1-3, 査読有  
DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA131

〔学会発表〕(計46件)  
山田武見、石塚淳、大野義章、動的平均場理論による鉄系超伝導体の軌道選択モット転移と重い電子状態、日本物理学会第69回年次大会 2014年3月30日 東海大学

山田武見、石塚淳、大野義章、鉄系超伝導体における弾性ソフト化と超伝導機構に対する d-p 軌道相関効果、日本物理学会第69回年次大会 2014年3月30日 東海大学

石塚淳、山田武見、柳有起、大野義章、DMFT+Eliashberg 法による鉄系超伝導体の研究、日本物理学会第69回年次大会 2014年3月30日 東海大学

今野嵩久、多田純樹、松川倫明、小林悟、萩原亮、佐野和博、大野義章、佐々木孝彦、松下明行、金属二重鎖  $\text{Pr}_{247}$  超伝導体のホール効果と磁場中比熱、日本物理学会第69回年次大会 2014年3月28日 東海大学

緒形桂、山田武見、石塚淳、大野義章、鉄系超伝導体の構造転移における d-p 軌道相関効果と A15 型超伝導体との比較、日本物理学会第69回年次大会 2014年3月27日 東海大学

石塚淳、山田武見、柳有起、大野義章、動的平均場理論による鉄系超伝導体の磁気・軌道揺らぎと超伝導 III、日本物理学会 2013年秋季大会 2013年9月26日 徳島大学

緒形桂、山田武見、石塚淳、大野義章、A15 型超伝導体の電子状態と多軌道有効模型による解析、日本物理学会 2013年秋季大会 2013年9月26日 徳島大学

多田純樹、今野嵩久、松川倫明、小林悟、萩原亮、佐野和博、大野義章、佐々木孝彦、金属二重鎖系  $\text{Pr}_{247}$  超伝導体の磁場温度相図

と輸送特性、日本物理学会 2013 年秋季大会  
2013 年 9 月 26 日 徳島大学

山田武見、大野義章、鉄系超伝導体の 5  
軌道ハバードモデルにおける軌道選択モット  
転移、日本物理学会 2013 年秋季大会 2013 年  
9 月 25 日 徳島大学

大野義章、緒形桂、山田武見、石塚淳、  
A15 型超伝導体における軌道揺らぎの役割と  
鉄系超伝導体との比較、日本物理学会 2013  
年秋季大会 2013 年 9 月 25 日 徳島大学

佐野和博、大野義章、スピンインバラン  
スな 1 次元引力ハバードリング及びハバード  
ラダーにおける異常な磁束量子化、日本物理  
学会 2013 年秋季大会 2013 年 9 月 25 日 徳島  
大学

Y. Ōno, K. Sano, FFLO state and anomalous  
flux quantization in the one-dimensional  
attractive Hubbard models with imbalanced spin  
populations, The International Conference on  
Strongly Correlated Electron Systems 2013, 2013  
年 8 月 8 日, Tokyo, Japan

T. Yamada, T. Kasai, J. Ishizuka, Y. Ōno,  
Orbital-dependent correlation effects in the  
iron-based superconductors based on the  
dynamical mean-field theory, The International  
Conference on Strongly Correlated Electron  
Systems 2013, 2013 年 8 月 8 日, Tokyo, Japan

J. Ishizuka, T. Yamada, Y. Ōno, Y. Yanagi,  
Dynamical mean-field study on the  
superconductivity mediated by spin and orbital  
fluctuations in the 5-orbital Hubbard model for  
iron pnictides, The International Conference on  
Strongly Correlated Electron Systems 2013, 2013  
年 8 月 7 日, Tokyo, Japan

植森裕紀人、柳有起、大野義章、鉄系超  
伝導体の磁気・軌道ゆらぎのエネルギースケ  
ール  $T_0$  と  $T_c$  との相関、日本物理学会第 68 回  
年次大会 2013 年 3 月 29 日 広島大学

多田純樹、千葉泰司、松川倫明、小林悟、  
萩原亮、佐野和博、大野義章、佐々木孝彦、  
金属二重鎖 Pr247 超伝導体の磁場中熱起電力  
と電子相図、日本物理学会第 68 回年次大会  
2013 年 3 月 29 日 広島大学

石塚淳、柳有起、山田武見、笠井貴文、  
大野義章、動的平均場による鉄系超伝導体の  
磁気・軌道揺らぎと超伝導 II、日本物理学会  
第 68 回年次大会 2013 年 3 月 26 日 広島大学

笠井貴文、山田武見、大野義章、動的平  
均場理論による鉄系超伝導体のバンド繰り  
込み効果と磁気・軌道秩序、日本物理学会第

68 回年次大会 2013 年 3 月 26 日 広島大学

千葉泰司、多田純樹、松川倫明、小林悟、  
萩原亮、二森茂樹、松下明行、佐野和博、大  
野義章、金属二重鎖系 Pr247 超伝導体の磁場  
中熱輸送と電子相図、日本物理学会 2012 年  
秋季大会 2012 年 9 月 20 日 横浜国立大学

20 山田武見、笠井貴文、大野義章、動的平  
均場理論による鉄系超伝導体の磁気秩序と  
軌道秩序、日本物理学会 2012 年秋季大会  
2012 年 9 月 20 日 横浜国立大学

21 石塚淳、柳有起、山田武見、大野義章、  
動的平均場理論による鉄系超伝導体の磁  
気・軌道揺らぎと超伝導、日本物理学会 2012  
年秋季大会 2012 年 9 月 20 日 横浜国立大学

22 山田武見、大野義章、三本啓輔、ヤーン  
テラーフォノンと結合した多軌道アンダー  
ソン格子模型の重い電子状態と超伝導、日本  
物理学会 2012 年秋季大会 2012 年 9 月 20 日  
横浜国立大学

23 佐野和博、大野義章、スピンインバラン  
スな 1 次元引力ハバードリングにおける異常  
な磁束量子化 II、日本物理学会 2012 年秋季大  
会 2012 年 9 月 20 日 横浜国立大

24 植森裕紀人、柳有起、大野義章、鉄系超  
伝導体の磁気・軌道ゆらぎの物質依存性と  $T_c$   
との相関 III、日本物理学会 2012 年秋季大会  
2012 年 9 月 18 日 横浜国立大学

25 山田武見、大野義章、鉄系超伝導のペア  
リング相互作用に対する動的平均場理論、日  
本物理学会 2012 年秋季大会 2012 年 9 月 18  
日 横浜国立大学

26 柳有起、大野義章、自己無撞着揺らぎ理  
論による鉄系超伝導体の電子状態 II、日本物  
理学会第 67 回年次大会 2012 年 3 月 27 日 関  
西学院大学

27 山田武見、大野義章、三本啓輔、動的平  
均場理論による 2 軌道ハバード・ホルスタイ  
ンモデルにおける強相関効果と磁気・軌道揺  
らぎ、日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年  
3 月 27 日 関西学院大学

28 大野義章、領域 8 シンポジウム「鉄系超  
伝導研究の進展」- 超伝導研究の新段階をめ  
ざして - 電子相関と軌道 - 格子結合の協力  
効果、日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年  
3 月 26 日 関西学院大学

29 林健太、山田武見、柳有起、大野義章、  
動的平均場による 2 軌道ハバードモデルの磁気  
秩序と軌道秩序 III、日本物理学会第 67 回  
年次大会 2012 年 3 月 25 日 関西学院大学

30 笠井貴文、山田武見、柳有起、大野義章、鉄系超伝導体のミニマル・モデルに対する動的平均場理論 II、日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年 3 月 25 日 関西学院大学

31 植森裕紀人、柳有起、大野義章、鉄系超伝導体の磁気・軌道ゆらぎの物質依存性と  $T_c$  との相関 II、日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年 3 月 25 日 関西学院大学

32 佐野和博、大野義章、スピンインバランスな 1 次元引力ハバードリングにおける異常な磁束量子化、日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年 3 月 24 日 関西学院大学

33 T. Fuse, T. Hotta, Y. Ōno, Dynamical mean-field study on the bipolaronic transition of the anharmonic holstein model, International Symposium on Nano Science and Functional Materials: Post-symposium of International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2011, 2011 年 12 月 10 日, Tokyo, JAPAN

34 山田武見、大野義章、動的平均場理論による近藤半導体の電子状態 II、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 23 日 富山大学

35 大野義章、柳有起、山田武見、林健太、笠井貴文、鉄系超伝導体の磁気・軌道秩序に対する電子相関効果、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 23 日 富山大学

36 笠井貴文、柳有起、山田武見、大野義章、鉄系超伝導体のミニマル・モデルに対する動的平均場理論、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 22 日 富山大学

37 柳有起、大野義章、自己無撞着揺らぎ理論による鉄系超伝導体の電子状態、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 22 日 富山大学

38 林健太、山田武見、柳有起、大野義章、動的平均場による 2 軌道ハバード模型の磁気秩序と軌道秩序 II、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 22 日 富山大学

39 柳有起、植森裕紀人、大野義章、鉄系超伝導体の磁気・軌道ゆらぎの物質依存性と  $T_c$  との相関、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 22 日 富山大学

40 山田武見、山川洋一、大野義章、シリコン原子空孔における電荷状態の拡がりと相関効果、日本物理学会 2011 年秋季大会 2011 年 9 月 22 日 富山大学

41 T. Yamada, Y. Ōno, Electronic States of Kondo Semiconductor by using the Dynamical

Mean-Field Theory, Strongly Correlated Electron Systems 2011, 2011 年 9 月 2 日, Cambridge, UK

42 Y. Yanagi, Y. Yamakawa, N. Adachi, Y. Ōno, Magnetic and Orbital Ordered States and Superconductivity in the d-p Model for Iron Pnictides, Strongly Correlated Electron Systems 2011, 2011 年 9 月 2 日, Cambridge, UK

43 Y. Yamakawa, T. Yamada, Y. Ōno, Electron correlation, electron phonon and spin orbit interactions on the silicon vacancy, Strongly Correlated Electron Systems 2011, 2011 年 8 月 31 日, Cambridge, UK

44 T. Fuse, Y. Ōno, Bipolaronic Transition and Heavy Fermions in the Anharmonic Holstein Model, Strongly Correlated Electron Systems 2011, 2011 年 8 月 31 日, Cambridge, UK

45 Y. Ōno, Y. Yanagi, N. Adachi, K. Hayashi, Y. Yamakawa,  $S_{++}$ -wave Superconductivity near the Ferro-orbital QCP in Iron Pnictides, The 26th International Conference on Low Temperature Physics, 2011 年 8 月 15 日, Beijing, China

46 Y. Ōno, Y. Yanagi, N. Adachi, Y. Yamakawa, Orbital order and its fluctuation in iron pnictide superconductors, ICC-IMR International Workshop "Search for new physics in transition metal compounds by spectroscopies", 2011 年 7 月 30 日, Sendai, Japan

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)  
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等

- (1) 物性理論研究室  
<http://bussei.gs.niigata-u.ac.jp/~theory/>
- (2) 新潟大学学術リポジトリ  
<http://dspace.lib.niigata-u.ac.jp/dspace/items-by-author?author=Ono%2C+Yoshiaki>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
大野 義章 (ŌNO, Yoshiaki)  
新潟大学・自然科学系・教授  
研究者番号: 40221832

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者  
佐野 和博 (SANO, Kazuhiro)  
三重大学・工学部・教授  
研究者番号: 40201537