

## 平成23年度科学研究費補助金（特別推進研究）自己評価書 〔追跡評価〕

◆記入に当たっては、「平成23年度科学研究費補助金（特別推進研究）自己評価書等記入要領」を参照してください。

平成23年 5月25日現在

<b>研究代表者 氏名</b>	河野 公俊	<b>所属研究機関・ 部局・職</b>	理化学研究所・河野低温物理研究室・ 主任研究員
<b>研究課題名</b>	ヘリウム表面につくるナノ構造の研究		
<b>課題番号</b>	14002010		
<b>研究組織 (研究期間終了時)</b>	研究代表者 河野 公俊（理化学研究所・河野低温物理研究室・主任研究員）  研究分担者 秋元 彦太（理化学研究所・研究技術開発・開発研究員） 池上 弘樹（理化学研究所・河野低温物理研究室・研究員） 大野 圭司（理化学研究所・河野低温物理研究室・研究員）		

### 【補助金交付額】

年度	直接経費
平成14年度	51,000 千円
平成15年度	75,000 千円
平成16年度	44,000 千円
平成17年度	28,000 千円
総計	198,000 千円

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか

特別推進研究によってなされた研究が、どのように発展しているか、次の(1)～(4)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

### (1) 研究の概要

(研究期間終了後における研究の実施状況及び研究の発展過程がわかるような具体的内容を記述してください。)

液体ヘリウム表面上の2次元電子系や表面下のイオンプールなど、液体ヘリウムの自由表面近傍に置いた電荷をプローブとして用いる量子液体表面の研究と電荷系自体が示す特異な物性現象の研究に取り組んでいる。特別推進研究期間終了時に、すでに結果が現れていたテーマと、研究半ばにあったものがあった。そのほとんどが、研究期間終了後に成果となって現れた。それらの中で、特筆に値すると考えるテーマについて、その概要を以下に記述する。

#### 1. 超流動ヘリウム3表面上のウィグナー結晶の易動度

この研究は、特別推進研究期間中にもっとも力を入れた課題である。研究期間終了時には実験データが得られており、終了直後に論文として出版された[次ページ原著論文 16(以下同様)]。研究期間終了後に、A相では磁場依存性が見られず、B相では有意な磁場依存性が見られたことに対する考察を進め、準粒子励起スペクトルからほぼ完全に説明できることを示した[5, 12]。この結果は超流動ヘリウム3-B相に存在すると考えられている表面束縛状態が見えていないことを示しており、理論に深刻な課題を突きつけている。その後、ヘリウム表面下に導入した負イオン(電子バブル)の易動度の測定による表面束縛状態の直接検出へと研究が進展した。しかし、この結果も表面束縛状態の影響が見えないことを示している。最近、理論的に予言されたマヨラナ状態の本質と結びついている可能性があり、さらなる理論的考察が必要である。今後、磁気的な異方性の測定へと研究を展開する。

#### 2. ヘリウム表面上2次元電子系のマイクロ波励起輸送現象

ヘリウム表面上の2次元電子系において表面と垂直な方向の運動が量子化され、サブバンド構造をとることが、マイクロ波のサブバンド間励起にともなう吸収として観測され、その定量的な解析により、この系の2次元性を示す直接の証拠となったという歴史的な経緯がある。最近、量子計算にこの励起状態を用いるというアイデアが提案され、マイクロ波吸収の実験に新たな興味もたれるようになり、実験が行われている。われわれも、特別推進研究期間中からマイクロ波照射の実験に着手し[15]、研究期間終了後、伝導度の同時測定という新たな実験手法により、新奇な現象を次々に発見した。それらは、ホットエレクトロン効果[11, 13, 14]、光学的双安定性[9]、磁気振動効果[10]、抵抗消失状態[3]などである。この最後の現象は極めて特異な現象であり、その機構の解明に興味を持たれる。これまでの研究により、強い非平衡状態に置かれた量子系に特有の現象であることが明らかになりつつある。

#### 3. 回転希釈冷凍機実験

特別推進研究期間中に取り上げたもう一つの主要な研究課題の一つに回転希釈冷凍機の製作がある。冷凍機の製作自体は研究期間中に終了し、2005年に開催された低温物理国際会議で口頭発表に採択された。その後、ヘリウム自由表面上の電子や表面下のイオンプールについてその伝導特性の回転依存性を詳しく調べたが[2]、回転による目覚ましい効果は残念ながら発見するには至っていない。その一方で、固体ヘリウムの示す超流動性(超固体)が大きな注目を集めるようになり、韓国の研究グループと共同して、回転下での超固体の性質を調べる実験を行なった。その結果、顕著な回転依存性が観測され、注目されている[7]。この結果を得るために、1秒1回転のもとで10mKを安定して実現できる、回転冷凍機としての優れた性能が本質的な役割を果たした。

#### 4. ヘリウム表面上電子ポイントコンタクトの輸送特性

特別推進研究のタイトルにも使われた「ナノ構造」を用いて、ヘリウム液面上の電子を一つ一つ操る技術を確立することが、特別推進研究の大きな目的の一つであった。この目的は研究期間中には実現せず、むしろ解決すべき課題が多々あることが明らかになったところで研究期間が終了した。研究期間終了後も各種の試行を繰り返し[4, 8]、最近ついにポイントコンタクト素子を作成しその特性を明らかにすることに成功した[1]。ここでは電子の電荷が連続的な量ではなく粒々の量として伝導に寄与する。帯電効果により電子は列をなし、整列してポイントコンタクトを通過することを反映して、電流のゲート電圧依存性にステップ構造が明瞭に観測された。これは古典的電子系における新しいタイプのポイントコンタクトの伝導特性であり、意外性のある発見である。

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(2) 論文発表、国際会議等への招待講演における発表など（研究の発展過程でなされた研究成果の発表状況を記述してください。）

## [原著論文]

1. David G. Rees, Isao Kuroda, Claire A. Marrache-Kikuchi, Moritz Höfer, Paul Leiderer, and Kimitoshi Kono: “Point-Contact Transport Properties of Strongly Correlated Electrons on Helium”, *Phys. Rev. Lett.*, **106** (2011) 026803 [4 pages].
2. Daisuke Takahashi, Hiroki Ikegami, and Kimitoshi Kono : “Revisit to the Transport Measurements of Electrons on Rotating Superfluid  $^4\text{He}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **80** (2011) 025002 [2 pages].
3. Denis Konstantino and Kimitoshi Kono: “Photon-Induced Vanishing of Magnetoconductance in 2D Electrons on Liquid Helium”, *Phys.Rev. Lett.*, **105** (2010) 226801[4 pages].
4. Hiroki Ikegami, Hikota Akimoto, and Kimitoshi Kono: “Melting of a quasi-one-dimensional Wigner crystal: Electrons on superfluid  $^4\text{He}$  in a narrow channel”, *Phys. Rev. B*, **82** (2010) 201104(R)[4 pages].
5. Kimitoshi Kono: “Electrons on the Surface of Superfluid  $^3\text{He}$ ”, *J. Low Temp. Phys.*, **158** (2010) 288-300.
6. Denis Konstantinov, Kimitoshi Kono: “Self-sustained microwave absorption induced by extremely high radiation intensity in surface electrons on liquid helium”, *J. Low Temp. Phys.*, **158** (2010) 324-330.
7. Hyungsoon Choi, Daisuke Takahashi, Kimitoshi Kono, Eunseong Kim: “Evidence of Supersolidity in Rotating Solid Helium”, *Science*, **330** (2010) 1512-1515.
8. Hiroki Ikegami, Hikota Akimoto, and Kimitoshi Kono: “Nonlinear Transport of the Wigner Solid on Superfluid  $^4\text{He}$  in a Channel Geometry”, *Phys. Rev. Lett.*, **102** (2009) 046807 [4 pages].
9. Denis Konstantinov, Mark Dykman, Mike Lea, Yuriy Monarkha, Kimitoshi Kono: “Resonant correlation-induced optical bistability in an electron system on liquid helium”, *Phys. Rev. Lett.*, **103** (2009) 096801 [4 pages].
10. Denis Konstantinov, Kimitoshi Kono: “Novel radiation-induced magnetoresistance oscillations in a nondegenerate two-dimensional electron system on liquid helium”, *Phys. Rev. Lett.*, **103** (2009) 266808 [4 pages].
11. Denis Konstantinov, Hanako Isshiki, Hikota Akimoto, Keiya Shirahama, Yuriy Monarkha, and Kimitoshi Kono: “Microwave-Absorption-Induced Heating of Surface State Electrons on Liquid  $^3\text{He}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **77** (2008) 034705 [10 pages].
12. Kimitoshi Kono, Hiroki Ikegami, and Yuriy P. Monarkha: “Quasiparticle Scattering Model for Interpreting the Wigner Solid Resistivity on the Surface of Superfluid  $^3\text{He}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **77** (2008) 111004 [8 pages].
13. Denis Konstantinov, Kimitoshi Kono, and Yuriy P. Monarkha: “Photoresonance and conductivity of surface electrons on liquid  $^3\text{He}$ ”, *Low Temp. Phys.*, **34** (2008) 377-384.
14. Denis Konstantinov, Hanako Isshiki, Yuriy Monarkha, Hikota Akimoto, Keiya Shirahama, Kimitoshi Kono: “Microwave-Resonance-Induced Resistivity: Evidence of Ultrahot Surface-State Electrons on  $^3\text{He}$ ”, *Phys. Rev. Lett.*, **98** (2007) 235302 [4 pages].
15. Hanako Isshiki, Denis Konstantinov, Hikota Akimoto, Keiya Shirahama, Kimitoshi Kono: “Microwave Absorption of Surface-State Electrons on Liquid  $^3\text{He}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **76** (2007) 094704 [7 pages].
16. Hiroki Ikegami and Kimitoshi Kono: “Texture of Superfluid  $^3\text{He}$  Probed by a Wigner Solid”, *Phys. Rev. Lett.*, **97**, (2006) 165303 [4 pages].

## [国際会議招待講演]

1. Denis Konstantinov and Kimitoshi Kono: “Radiation-induced Zero-resistance States in Electrons on Helium”, International Symposium on Quantum Fluids and Solids QFS2010, Grenoble, France, August 2010.
2. Hiroki Ikegami, Hikota Akimoto, and Kimitoshi Kono: “Wigner Crystals Confined in Micrometer-wide Channels”, 8th Conference on Cryocrystals and Quantum Crystals (CC-2010), Chernogolovka, Russia, July 2010.
3. D. Konstantinov, K. Kono: “A new type of microwave-induced resistance oscillations in a nondegenerate 2DES on liquid helium”, 18th International Conference on the Electronic Properties of Two-dimensional Systems, Kobe, Japan, July 2009.
4. K. Kono: “Electrons on the Surface of Superfluid  $^3\text{He}$ ”, International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS 2009), Evanston, USA, August 2009.
5. D. Takahashi, H. Ikegami, K. Kono: “Critical Velocity of 2D Snowballs Below the Free Surface of  $^4\text{He-II}$ ”, International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2009), Evanston, USA, August 2009.
6. K. Kono: “Use of Nano-fabricated structures in ULT Experiments”, Frontiers of Low Temperature Physics (ULT 2008), London, UK, August 2008.
7. H. Ikegami, K. Kono: “Anisotropy of Superfluid  $^3\text{He}$  Near Free Surface Investigated by Surface State Electrons”, International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2007), Kazan, Russia, August 2007.
8. K. Kono, D. Konstantinov, and Yu. P. Monarkha: “Ultra-hot-electron Effect in the surface state electrons on liquid He”, International Symposium on Quantum Fluids and Solids QFS2007, Kazan, Russia, August 2007.

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

## (3) 研究費の取得状況（研究代表者として取得したもののみ）

## 科学研究費補助金

1. 基盤研究 (A) 「回転超流動ヘリウム3の流体力学—超低温におけるミニチュア初期宇宙—」 平成 18～20 年度、36,000 千円。
2. 基盤研究 (A) 「超流動ヘリウム3境界効果の研究」 平成 21～23 年度、35,500 千円

## その他

なし

## (4) 特別推進研究の研究成果を背景に生み出された新たな発見・知見

## 1. 超流動ヘリウム3表面上のウィグナー結晶の易動度

超流動ヘリウム3自由表面という理想的な表面における表面束縛状態に関する謎が顕になった。B相においては、マヨラナ表面状態という特異な性質をもつ表面状態が現れることが、最近理論的に結論された。その検証に注目が集まっているが、自由表面の唯一の実験である我々の実験結果にその痕跡が見られないことは、理論的説明を深刻に求める結果である。現在、この現象の解明に向けた実験を企画中である。

## 2. ヘリウム表面上2次元電子系のマイクロ波励起輸送現象

強い非平衡状態に置かれた2次元電子系の示す多彩な物性現象があることを、この系において初めて示した。低次元量子系は一般的に、ある空間次元を制限することでエネルギーの離散化を起こさせ、その空間自由度を実効的に不活化されることによって得られる異方的な系である。この不活化された自由度にエネルギースケールの全く異なる刺激を加えて活性化させることによって初めて現れる現象であることは、ヘリウム表面上の2次元電子系に限らず、広い普遍性を持つことが期待される。ゼロ抵抗状態は実用性も含めて、新たに得られた重要な知見である。

## 3. 回転希釈冷凍機実験

固体ヘリウムが示す、回転に対する異常な応答は「超固体」として最も自然に説明できるものであり、我々の実験結果は超固体を支持する有力な証拠と考えられている。さらに、より直接的な証拠を求めて研究が進展している。

## 4. ヘリウム表面上電子ポイントコンタクトの輸送特性

ヘリウム表面電子による初めてのポイントコンタクト特性の測定を実現し、そのゲート電圧依存性にステップ構造が現れることを示した。電子間のクーロン相互作用に由来するこのような性質が古典電荷系で現れることは予想外であり、意外性のある新たな知見である。

## 2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況

特別推進研究の研究成果が他の研究者に活用された状況について、次の(1)、(2)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

### (1) 学界への貢献の状況（学術研究へのインパクト及び関連領域のその後の動向、関連領域への関わり等）

#### 1. 超流動ヘリウム3表面上のウィグナー結晶の易動度

液体ヘリウム3は温度を下げることによって、唯一の不純物であるヘリウム4を液体と接する容器の固体壁に析出・吸着させることで、限りなくその純度を高めていく。超流動ヘリウム3が実現する1mK以下の温度域においては、この宇宙に存在する、最も純粋な物質である。自由表面も同様にもっとも清浄な表面である。その構造も固体表面のような表面処理方法に依存した制御不可能な乱れをもつことはなく、どこでどのように準備しても必ず同じ構造、同じ性質の自由表面が得られる。

このような、極限的な清浄さとその構造・性質における普遍性は、原理的な研究において大きな利点となる。すなわち、得られた結果の解釈において、制御不能な要因を取り込む必要がなく、実験結果に理論を厳密に適用してその妥当性について議論することが可能となる。このような、系の持つ単純さ・清浄さは学術研究に大きなインパクトを与える高いポテンシャルを有している。

これまでの易動度の測定結果からは、直接に表面束縛状態の存在を示唆する結果が得られていない。そのことは、表面束縛状態の理論が完全に間違っているか、表面束縛状態と表面の凹凸の間の機械的な相互作用が何らかのメカニズムによってキャンセルされているか、のどちらかである可能性を示唆しているものと考えられる。これまでの超流動ヘリウム3の総合的な理解に基づくと、前者の可能性は低く、後者である可能性が高いものと推察される。このような後者の可能性が、実際にマヨラナ表面状態では実現している可能性が指摘されているが、定量的な計算が必要である。

マヨラナ表面状態の最近の研究によって、易動度のような機械的な特性への表面状態からの寄与が小さいことが予想される反面、磁氣的に大きな異方性を示す可能性が指摘された。これを検証するために、自由表面近傍に導入した電荷の持つスピンを利用することが議論されている。S. B. ChungとS.-G. ZhangらによるPhys. Rev. Lett. 103, 235301 (2009)において、自由表面を用いた具体的な実験が提案されている。これには我々の実験が大きな影響を与えている。自由表面におけるスピン緩和の実験は難しいが、今後挑まれるべき課題である。

#### 2. ヘリウム表面上2次元電子系のマイクロ波励起輸送現象

マイクロ波誘起ゼロ抵抗状態が、高易動度半導体2次元電子系において発見されており、それとヘリウム表面上2次元電子系で見つかった現象が、同じ起源を持つのかどうかという点に非常に大きな関心が寄せられている。今後平衡量子系の自発的秩序形成などの研究が進展するものと予想される。

#### 3. 回転希釈冷凍機実験

回転に対する異常な応答による、超固体の証拠発見に対して、この分野の研究者から大きな反響が寄せられた。複数の研究グループから回転下の実験を行えないかという問い合わせを受け、実際に共同研究がスタートしている。

#### 4. ヘリウム表面上電子ポイントコンタクトの輸送特性

ヘリウム表面電子のポイントコンタクト単電子輸送の実験結果が公表されてから、計算機シミュレーションの研究が現れている。古典系であること、2次元系であることなどから、計算手法が確立され計算能力的にも特殊な計算機を必要としないなどの要因が、比較的短期間にシミュレーションの結果が現れる素地を作ったものと考えられる。また、この結果はPhysical Review Focus (<http://focus.aps.org/story/v27/st3>) “Electrons Take Turns Like Pedestrians”に取り上げられた。

#### 被引用数

次ページ以降に発表論文の被引用数の記載が求められている。量子液体・固体という分野の研究者人口は全世界で、300から400名程度と見積もられ、さほど多くない。それゆえ、超流動ヘリウム3発見で1996年にノーベル賞を受賞した論文(Phys. Rev. Lett. 28, 885-888 (1972))でも被引用数は120程度である。さらに、ヘリウム自由表面の電荷を用いる実験は極めてユニークであり、被引用数が多くならない要因となっている。このような研究分野および研究の特性を、被引用数を評価する場合には考慮していただきたい。

## 2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況（続き）

(2) 論文引用状況（上位10報程度を記述してください。）

## 【研究期間中に発表した論文】

No	論文名	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Shirahama K, Monarkha YP, Kono K: "Nonlinear Wigner solid transport on the free surface of normal and superfluid He-3", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>93</b> (2004) 176805 [4pages].	ヘリウム表面上 2 次元電子系がウィグナー結晶に固化すると、各電子の下の表面がわずかに凹む。この凹みの運動がウィグナー結晶の抵抗を生じるが、移動速度が表面張力波の位相速度に近づくと、造波抵抗が発生して非線形な振る舞いが見られる。	9
2	Monarkha YP, Kono K: "Nonlinear conductivity of the two-dimensional Wigner solid on the free surface of normal and superfluid He-3", JOURNAL OF THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN, <b>74</b> (2005) 960-969.	超流動ヘリウム3表面上のウィグナー結晶の易動度に対する理論的なモデルに関する論文。液体ヘリウム3中の準粒子が自由表面で反射される過程における運動量移行から抵抗力を求める。	6
3	Arai T, Kono K: "Mixing 2D electrons and atomic hydrogen on the liquid helium surface", PHYSICA B-CONDENSED MATTER, <b>329/333</b> (2003) 415-418.	ヘリウム表面に原子状水素を導入すると束縛エネルギー2K程度の表面状態に束縛される。自由表面に束縛された水素原子と2次元電子系の混合状態をつくり、水素原子による電子の捕獲反応について調べた研究のレビュー。	5
4	Kono K: "Dynamic surface properties of liquid He-3 probed by surface state electrons", JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, <b>126</b> (2002) 467-476.	ヘリウム3表面上の2次元電子系を用いて液体ヘリウム3自由表面のダイナミクスを研究する方法について述べたレビュー。	5
5	Saitoh M, Ikegami H, Mukuda H, Kono K: "Measurement of superfluid He-3 film flow by inter-digitated capacitors", JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, <b>134</b> (2004) 357-362.	超流動ヘリウム3吸着膜の厚さを楕形電極を用いて静電的に制御して、超流動転移温度や臨界流量などを系統的に調べた研究の報告。	3
6	Arai T, Shiino T, Kono K: "Cold electron attachment to atomic hydrogen on liquid helium surface", PHYSICA B-CONDENSED MATTER, <b>329/333</b> (2003) 439-440.	液体ヘリウム表面上に表面吸着水素原子と表面状態電子が共存しているときに起きる電子捕獲反応率を求める実験。	2
7	Shiino T, Mukuda H, Kono K, Vinen WF: "First mobility measurement of ions trapped below the normal and superfluid He-3 surface", JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, <b>126</b> (2002) 493-498.	常流動および超流動ヘリウム3自由表面下にイオンを蓄えてその易動度を測定した初めての実験。	2
8	Shiino T, Mukuda H, Kono K, Vinen WF: "Nonlinear transport of ions trapped below the free surface of superfluid He-3-B", PHYSICA B-CONDENSED MATTER, <b>329/333</b> (2003) 346-347.	超流動ヘリウム3B相自由表面下に蓄えたイオンの非線形伝導現象に関する実験の報告。	1
9	Mukuda H, Nishiyama S, Kono K: "Transport property of surface state electrons on the rotating superfluid He-4", PHYSICA E-LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS & NANOSTRUCTURES, <b>18</b> (2003) 175-176.	回転冷凍機を用いた回転超流動ヘリウム4表面上2次元電子系の輸送現象の測定。	1
10			

## 【研究期間終了後に発表した論文】

No	論文名	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Konstantinov D, Isshiki H, Monarkha Y, Akimoto H, Shirahama K, Kono K: "Microwave-resonance-induced resistivity: Evidence of ultrahot surface-state electrons on liquid He-3", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>98</b> (2007) 235302 [4 pages].	ヘリウム表面上 2 次元電子系にマイクロ波を照射して励起サブバンドに電子を励起した時の面内伝導度の測定から非常に高い電子温度が実現していることを初めて示した。	11
2	Ikegami H, Akimoto H, Kono K: "Nonlinear Transport of the Wigner Solid on Superfluid He-4 in a Channel Geometry", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>102</b> (2009) 046807.	幅 10 ミクロン、厚さ 1 ミクロン程度の液体ヘリウムチャンネルを毛细管凝縮の原理を用いて作成し、その上に電子を貯めて、擬 1 次元電子系を実現した。その伝導現象から、ウィグナー結晶の下にできる表面の凹みの運動特性について研究した。	7
3	Shigeto K, Kawamura M, Kasumov AY, Tsukagoshi K, Kono K, Aoyagi Y: "Reproducible formation of nanoscale-gap electrodes for single-molecule measurements by combination of FIB deposition and tunneling current detection", MICROELECTRONIC ENGINEERING, <b>83</b> (2006) 1471-1473.	収束イオンビームを用いて金属を析出させるときに基盤の角にできる迫り出しを用いて、分子を捕獲できる程度の僅かな隙間（ナノギャップ）を再現性よく作成する方法についての研究。	7
4	Konstantinov D, Kono K: "Novel Radiation-Induced Magnetoresistance Oscillations in a Nondegenerate Two-Dimensional Electron System on Liquid Helium", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>103</b> (2009) 266808 [4 pages].	ヘリウム表面上 2 次元電子のマイクロ波誘起磁気振動に関する研究。面に垂直な磁場が存在するとき、ランダウ量子化により状態密度が変調を受ける。同一サブバンド内の伝導では見られない抵抗振動が、サブバンド間散乱によって現れるようになる。	5
5	Huang SM, Lee TC, Akimoto H, Kono K, Lin JJ: "Observation of strong electron dephasing in highly disordered Cu93Ge4Au3 thin films", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>99</b> (2007) 046601 [4pages].	合金薄膜の乱れた系における伝導では弱局在と電子の位相緩和が重要となる。従来磁気的な不純物による散乱がその過程で重要であると考えられていたが、この実験により、磁気不純物以外にも重要な散乱があることを明らかにした。	5
6	Ikegami H, Kono K: "Texture of superfluid He-3 probed by a Wigner solid", PHYSICAL REVIEW LETTERS, <b>97</b> (2006) 165303 [4 pages].	超流動ヘリウム 3 表面上のウィグナー結晶の易動度を A 相、B 相の二相において系統的な測定を初めて行った。その温度依存性がバルク準粒子の自由表面による散乱で説明されることを示した。	5
7	Huang SM, Tokura Y, Akimoto H, Kono K, Lin JJ, Tarucha S, Ono K: "Spin Bottleneck in Resonant Tunneling through Double Quantum Dots with Different Zeeman Splittings", <b>104</b> (2010) 136801 [4 pages].	GaAs 半導体縦型 2 重量子ドットのスピン閉塞領域のトンネル伝導測定から、g 因子の異なるドット間のトンネルにおいて新しい共鳴トンネル現象が現れることを示した。	4
8	Konstantinov D, Kono K, Monarkha Y: "Photoresonance and conductivity of surface electrons on liquid He-3", LOW TEMPERATURE PHYSICS, <b>34</b> (2008) 377-384.	液体ヘリウム 3 表面上の 2 次元電子系において、マイクロ波による励起サブバンドへの電子の励起がある場合における伝導現象、主にホットエレクトロン効果についての定量的な解析を行った。(ヘリウム液化 100 周年記念号の招待論文)	4
9	Kono K: "Electrons on the Surface of Superfluid He-3", JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, <b>158</b> (2010) 288-300.	超流動ヘリウム 3 表面上のウィグナー結晶の易動度測定とその解析に関するレビュー。	3
10			

### 3. その他、効果・効用等の評価に関する情報

次の(1)、(2)の項目ごとに、該当する内容について具体的かつ明確に記述してください。

#### (1) 研究成果の社会への還元状況（社会への還元の程度、内容、実用化の有無は問いません。）

人類の知見を未踏領域に拡張し、自然界の摂理に関する理解を深めることに貢献した。国内的視点からは、このことによって、日本の学術研究活動に対する国際的な評価を高め、日本に対する世界の人々の尊敬の念を醸成することに貢献した。

理化学研究所は教育機関ではないので、教育を第一義的な目的とするものではないが、国際連携大学院を設置して外国から博士課程の学生を招聘し博士論文制作に必要な実験を行わせている。特別推進研究の活動も外国人博士課程学生の教育活動に大いに役立っており、国際貢献の一翼を支えている。

## 3. その他、効果・効用等の評価に関する情報（続き）

(2) 研究計画に関与した若手研究者の成長の状況（助手やポスドク等の研究終了後の動向を記述してください。）

**転出者**

棕田秀和

2004年 理化学研究所研究員から大阪大学基礎工学部に助教授として転出。現在准教授。

福田 昭

2004年 理化学研究所 基礎特別研究員から京都大学低温物質科学研究センターに講師として転出。  
2008年 兵庫医科大学医学部物理学教室 准教授。

椎野俊之

2004年 理化学研究所基礎科学特別研究員から日立製作所に就職。

川崎健司

2005年 理化学研究所協力研究員から日立製作所に就職。

重藤訓志

2005年 理化学研究所基礎科学特別研究員から日立ハイテクに就職。

川村 稔

2005年 理化学研究所基礎科学特別研究員から東京大学生産技術研究所に特任助教として転出。  
2008年 理化学研究所河野低温物理研究室 研究員として採用。  
2009年 理化学研究所専任研究員に昇格。

後藤秀徳

2006年 理化学研究所協力研究員から筑波大学物理学系に博士研究員として転出。  
2011年 岡山大学自然科学研究科助教。

塚越一仁

2007年 理化学研究所先任研究員から産業技術総合研究所に転出。  
2008年 物質・材料研究機構主任研究者。

川島洋徳

2007年 理化学研究所協力研究員から日本精工株式会社に就職

C. Marrache-Kikuchi

2007年 理化学研究所協力研究員からパリ第11大学助教授として転出。

辻井宏之

2008年 理化学研究所基礎科学特別研究員から金沢大学数物科学系に研究員として転出。  
2010年 金沢大学学校教育系 准教授。

斎藤政通

2009年 理化学研究所協力研究員から筑波大学物理学系に助教として転出。

Denis Konstantinov

2011年 理化学研究所協力研究員から沖縄科学技術研究基盤整備機構研究員として転出予定(7/1)。

**非転出者**

大野圭司

2007年 理化学研究所研究員から専任研究員に昇格。

池上弘樹

2007年 理化学研究所研究員から専任研究員に昇格。

秋元彦太

2008年 理化学研究所開発研究員から研究技術開発・支援チーム チームリーダーに昇格。

高橋大輔

2008年 理化学研究所基礎科学特別研究員から協力研究員に身分変更