

|   |     |       |      |         |       |
|---|-----|-------|------|---------|-------|
| <b>研究概要</b>   |     |       |      |         |       |
| (1) 研究目的等<br><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                     新学術 (計画・新規) - 2、3 (研究目的)、6 (今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況及び研究成果を社会・国民に発信する方法)、7 (これまでに受けた研究費とその成果等) の内容を簡潔にまとめて記述してください。                 </div>   |     |       |      |         |       |
| <p>本研究はグラフェンを始めとする原子層物質系の物性研究を、電気伝導を主軸として、原子像観察や光電子分光を援用しつつ総合的に行い、新しい物性物理分野を開拓することを目的とする。具体的な解明目標は以下の3つである。</p> <p><b>(1) h-BN 上高品質グラフェンを用いた Dirac 電子系の物理 ("Dirac Physics")</b><br/>                 六方晶窒化ホウ素 (h-BN) 基板上的高移動度グラフェンを用いることにより、従来のグラフェンでは構造に関する乱れにより隠されていた massless Dirac 電子系固有の各種の異常物性 (Klein トンネリング、Andreev 鏡面反射など) を顕在化させ、これらを実験により検証する。</p> <p><b>(2) 新しい原子層物質の探索と物性物理の開拓</b><br/>                 転写技術を用いたグラフェン/h-BN 複合原子層や、MoS<sub>2</sub>・NbSe<sub>2</sub> などの層状物質の劈開による新しい原子層物質系を探索し、その物性物理を開拓する。</p> <p><b>(3) ミクロプローブ手法による物性発現機構の微視的同定と理解</b><br/>                 電子顕微鏡やスピン分解角度依存光電子分光 (ARPES) 等のミクロプローブ手法を用いて、原子層物質系のマクロ物性発現の機構を微視的に同定し、総合的な概念構築を行う。</p> <p>各構成員は独自にグラフェン研究を行ってきた実績のある研究室に所属しており、基本的実験設備は現有のものが使用できる。技術の蓄積もあるので、直ちに研究を開始できる。</p> |     |       |      |         |       |
| (2) 研究計画・方法<br><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                     新学術 (計画・新規) - 4、5 (研究計画・方法) の内容を簡潔にまとめて記述してください。                 </div>  |     |       |      |         |       |
| <p>① 研究体制<br/>                 素子作製と伝導実験を担当する伝導物性グループ 5 名と、原子像観察・光電子分光を担当する評価グループ 2 名に分け、相互に連携して研究を進める。</p> <p>② 年次計画<br/> <b>平成 25 年度</b>：初年度は主に試料作製技術の確立と実験装置の整備を行う。特に既存の ARPES 装置に高感度スピン検出器を導入する。</p> <p><b>平成 26 年度以降</b>：次年度に大型備品を導入し、以後は以下の研究を分担して行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフェン接合系の量子 Hall 伝導や擬スピン依存伝導、NbSe<sub>2</sub>・Cu<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>Se<sub>2</sub> 等の新原子層物質</li> <li>・高移動度グラフェンを用いたバリスティック伝導・スピン伝導、h-BN 等との複合積層系</li> <li>・グラフェン/超伝導接合の Andreev 反射と量子もつれ対生成</li> <li>・グラフェンアンチドット格子系の電子波干渉と Berry 位相</li> <li>・歪周期ポテンシャル変調による幾何学的共鳴効果、強磁場中電子固体相との整合効果</li> <li>・電子顕微鏡によるグラフェンのエッジ・欠陥・粒界の原子像観察と物性への影響</li> <li>・ARPES によるグラフェンエッジのスピン偏極や化学修飾ギャップ生成、シリセンの電子構造</li> </ul>  |     |       |      |         |       |
| 領域略称名   | 原子層 | 研究機関名 | 東京大学 | 研究代表者氏名 | 長田 俊人 |

## 研究目的

本欄には、研究の全体構想及びその中で本研究の具体的な目的について、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください（記述に当たっては「科学研究費補助金（新学術領域研究）の審査要綱」を参考にしてください）。

- ①研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）
- ②研究期間内に、何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③領域内での研究の有機的な結合により、新たな研究の創造が期待できる点
- ④当該分野におけるこの研究（計画）の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義
- ⑤平成25年度において継続して科研費又は科研費以外の研究費（府省・地方公共団体・研究助成法人・民間企業等からの研究費）の助成を受ける予定がある場合は、当該継続研究課題と本研究課題との相違点

### ①研究の背景と着想の経緯

2005年に英国 Manchester 大 A. K. Geim 教授と K. S. Novoselov 博士のグループが、炭素の単原子層結晶であるグラフェンの劈開法による単離と伝導測定を報告して以来、グラフェン関連の物性研究は内外で急速に進展してきた。グラフェンは、炭素の単原子層からなる究極の2次元結晶であり、その電子系は円錐状分散（Dirac コーン）を持つ質量ゼロ（massless）の2次元 Dirac 電子系である。後者の帰結として後方散乱が抑制され高移動度が実現するなど、基礎的・応用的に重要な種々の特異な物性を示す。現在ではグラフェンの物性研究は多岐にわたっており、制御された高品質試料や高度な評価技術を用いた実験的研究が行われるようになってきた。特に Columbia 大 P. Kim 教授と A03 班の渡邊主幹研究員の共同研究による六方晶窒化ホウ素（h-BN）結晶上にグラフェンを転写する実験技術は、グラフェンの品質を画期的に向上させた。さらにグラフェンとは異なる他の単原子層物質系（MoS<sub>2</sub> やシリセンなど）についての物性研究も急速に拡大しつつある。

こうしたグラフェンを中心とした原子層物質系の物性研究、特に実験的基礎研究はわが国では研究室単位で個別に行われてきた。そこで各研究室の持つ高度な試料操作技術や評価技術を横断的に組み合わせ、新たな学問領域への飛躍を企図したことが、本研究の着想の経緯である。

### ②研究目的（期間内の解明目標）

グラフェンを中心とした単原子層物質系の物性を実験的に研究する。その研究目標の柱は、（1）六方晶窒化ホウ素（h-BN）基板により格段に品質向上したグラフェンを用いて固体中 Dirac 電子系の特異な物性を実証すること、（2）新しい単原子層物質系を探索しその物性物理を開拓すること、（3）原子像電子顕微鏡やスピン分解角度依存光電子分光（ARPES）というマイクロプローブ手法を用いて原子層物質系の物性発現機構を微視的に同定すること、である。これらについて期間内の解明を目指す具体的課題は以下の通りである。

#### （1）h-BN 上高品質グラフェンを用いた Dirac 電子系の物理（"Dirac Physics"）の実証

単層グラフェンでは波数空間の特異点である Dirac 点周囲の Berry 位相  $\pi$  を反映して、後方散乱消失（Klein トンネリング）や半整数量子 Hall 効果などが発現する。こうした Dirac 電子系特有の特異な伝導物性（"Dirac Physics"）は、グラフェン試料の構造に関する乱れに阻まれて研究が進んでいない。そこで h-BN 基板上的高移動度グラフェンを使用して、半古典的バリスティック領域や量子 Hall 領域においてグラフェン本来の Dirac Physics を顕在化させて実験的研究を行う。

半古典領域では、アンチドット格子系における電子波干渉（AB 振動・AAS 振動）に対する Berry 位相効果、2重 p/n 接合の Klein トンネリングや p/n 界面の半古典軌道運動、局所陽極酸化法により作製したグラフェンナノ構造の伝導特性、単層/2層接合のバレー選択伝導、グラフェン/超伝導界面における Andreev 鏡面反射とそれを利用した非局所量子もつれ電子対の実現（量子エンタングル）、グラフェン/h-BN 系のスピン注入とスピン伝導、などの課題の解明を目指す。量子 Hall 領域では、p/n 接合や単層/2層接合界面における量子 Hall エッジ状態、歪周期ポテンシャル下の量子 Hall 電子相、などの諸問題を解明する。多層グラフェンについても単層と同様の問題を扱う。

#### （2）新しい原子層物質の探索と物性物理の開拓

グラフェンと h-BN を転写技術によって人工的に積層した複合原子層を作製し、新たな伝導現象を探索する。またトランジスタ動作が注目されている単層 MoS<sub>2</sub> の伝導特性の解明や、バルクで電

## 研究目的（つづき）

荷密度転移や超伝導を発現する NbSe<sub>2</sub> や massive Dirac 電子系である Cu<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>Se<sub>2</sub> の原子層化下の際の物性変化の解明などを行う。また他の新規単原子層物質の開拓も行う。

### （3）ミクロプローブ手法による物性発現機構の微視的同定と理解

透過型電子顕微鏡を用いたグラフェン中のドーパント原子、空孔、5員環、7員環等の欠陥の観察やエッジ構造などを原子レベルで直接観察し、マクロ物性との関連を解明する。また高分解能スピン分解 ARPES（角度分解光電子分光）法により、グラフェンナノリボンのスピン偏極エッジ状態、化学修飾グラフェンのギャップ構造、シリセン（シリコン単原子層）のバンド構造を解明する。

### ③領域内の有機的結合により期待される新研究の創造

本計画研究の構成員は、現在国内でグラフェンの物性実験を行う主要グループの中核となっている研究者であるが、これまでは個別に研究を展開してきた。計画班内で各研究者が日常的に情報交換や共同研究を行うことにより、より高度化した単原子層の物性研究へ飛躍することが期待できる。また、現在個別に行われている共同研究を、研究領域内において有機的・組織的に促進することによって、以下のようにこれまで困難だった新しい研究が可能となる。

A01 班（合成班）とは新規に合成された単原子層物質の物性評価を行うことにより有効な共同研究が期待できる。同様に A03 班（応用班）とは、有用な基礎物性の素子応用への提案と、素子応用に必要な物性の評価を通じ、双方向の共同研究が可能である。本研究計画の中にも始めから量子情報素子への応用を目標とした基礎研究（量子エンタングラー）が含まれている。また本計画研究の要となる高品質 h-BN 単結晶の供給については、世界的にトップレベルにある A03 班の渡邊グループの協力が前提である。また班内には既に h-BN 上グラフェン素子の作製技術を確立している研究グループが複数含まれているので、班内・領域内の技術移転も期待できる。この技術の普及により h-BN を利用した多様な実験が可能となる。理論と実験との連携は、理論的予測の実験的確認、あるいは実験で発見された新現象の理論的解明という形で本来重要なものであるが、本領域が A04 班（理論班）との密接な情報交換と議論の場を提供することにより、共同研究が加速されると期待できる。本計画にも単層/2層接合系のバレー依存伝導のように A04 班の研究者によって予測された現象の確認実験が含まれている。

### ④学術的特色・独創性・意義

②研究目的（期間内の解明目標）の項で目的（1）に記したグラフェンの massless Dirac 電子系が示す様々な異常物性については、グラフェンの実現当初から多くの理論的提案がなされてきた。しかし SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に劈開法で固定されたグラフェンは基板との相互作用による構造に関する乱れのために高移動度試料を得ることが困難で、Dirac 電子性由来の物理現象が隠されてしまう。一方、Columbia 大 P. Kim 教授と A03 班の渡邊主幹研究員による h-BN 結晶上に転写したグラフェンを用いる方法では、高移動度の良質な試料が得られることが知られているので、本領域内の共同研究によってこの手法を A02 班内に広く普及させ、顕在化した Dirac 電子系固有の物性物理 Dirac Physics を組織的に研究するところに意義がある。また目的（2）の転写技術を用いた複合原子層や層状新物質の劈開による新原子層の研究は、グラフェンを超えた新学術分野の開拓という意味で本領域の主旨に沿ったものであり、基礎物理のみならず応用的にも大きな可能性と重要性を秘めている。これを本領域内の他班と連携しながら組織的に行うことは分野の発展に極めて有効である。目的（3）については従来、学会などでは縦割りに伝導物性、構造物性、表面物性という異なる分野で独立にグラフェン研究を行ってきた研究者間の横のつながり強化し、総合力を発揮させて新しい知見や概念の創出を促すという意義がある。

|       |     |       |      |         |       |
|-------|-----|-------|------|---------|-------|
| 領域略称名 | 原子層 | 研究機関名 | 東京大学 | 研究代表者氏名 | 長田 俊人 |
|-------|-----|-------|------|---------|-------|

## 研究計画・方法

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、平成25年度の計画と平成26年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究分担者とともに行う研究計画である場合は、研究代表者、研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）、学術的観点からの研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても記述してください。

また、研究体制の全体像を明らかにするため、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科研費への応募資格を有しない企業の研究者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても必要に応じて記述してください。

なお、研究期間の途中で研究環境が大きく変わる場合は、研究実施場所の確保や研究実施方法等についても記述してください。

### ①研究体制

研究期間を通じ A02 班員 7 名を伝導物性を担当するグループと、原子像観察・光電子分光を行う評価グループに分け、相互に連携して研究を進める。構成と役割は以下の通りである。

#### 伝導物性グループ（素子作製・電気伝導）

長田俊人（代表：東大物性研・准教授・量子 Hall 伝導・擬スピン伝導・新原子層物質）

町田友樹（分担：東大生産研・准教授・バリスティック伝導・スピン伝導・h-BN 複合積層系）

山本倫久（分担：東大工 [樽茶研究室]・助教・グラフェン/超伝導接合の量子もつれ対生成）

八木隆多（分担：広大先端物質科学・准教授・アンチドット格子系の電子波干渉）

遠藤 彰（連携：東大物性研 [家研究室]・助教・歪周期ポテンシャル変調効果）

#### 構造・分光グループ（実空間・バンド構造評価）

劉 崢（分担：産総研・主任研究員・原子像 TEM 観察）

菅原克明（分担：東北大 WPI-AIMR [高橋研究室]・助教・ARPES 測定）

### ②年次計画

初年度は主に試料作製技術の確立と実験装置の整備、次年度に大型備品を導入して、以降本格的な研究を行う。研究内容の分担は以下の通りである。

#### 平成25年度：

（長田）通常の Si/SiO<sub>2</sub> 基板上的のトップゲートを有する FET 素子を用いてグラフェン p/n 接合および単層/2層接合界面における量子ホールエッジ伝導の実験を強磁場下で行う。強磁場は共同利用施設を利用する。試料端の伝導を排除し接合に沿った伝導のみを抽出できる Corbino 型電極配置の試料の作製と、h-BN 上基板上グラフェン試料の作製技術を確立する。

（町田）h-BN 基板上的の高移動度グラフェン素子を作製する。高移動度化のためにアニール条件最適化を行う。バリスティック伝導の実験を行いグラフェン端散乱の鏡面性などを評価する。h-BN 基板上にトップ/バックゲートを有する FET 素子を作製する。

（山本）良好な超伝導体（Pb、Nb 等）/グラフェン接合の作製技術を開発する。グラフェンは h-BN で挟んで保護する。Josephson 接合の伝導実験により試料を評価する。

（八木）h-BN 基板上単層グラフェンにアンチドット格子（30nm 径 200nm 周期）を作製する。電子波干渉由来の磁気抵抗振動（AB 効果、AAS 効果）から Berry 位相を抽出する。

（遠藤）電子線レジストの冷却歪みを利用して周期的ポテンシャル変調を導入するグラフェン平面超格子試料の作製手法を確立する。幾何学的共鳴効果を調べる。

（劉）電子顕微鏡を用いて、グラフェン中の単原子空孔、5員環、7員環、ドーパント（ホウ素、窒素）などの欠陥を単原子レベルで検出・同定し、そのサイトや欠陥の種類を系統的に調べる。物性に与える影響。実験手法の開発も並行して行う。

（菅原）現有 ARPES 装置用に高感度スピン検出器（性能指標の Sherman 関数が 0.1 以上）を製作する。重元素の Bi や Tl 等を薄膜ターゲット、加速電圧 30 kV 以上に耐える小型 Mott 検出器を組み合わせる。

#### 平成26年度以降：

（長田）Corbino 型素子を用いた接合界面伝導の直接観測を行う。h-BN 上グラフェン単層/2層

研究計画・方法（つづき）

接合を用いてグラフェンにおけるバレー依存伝導の実証実験を行う。またバルクで超伝導や電荷密度波などの電子相が現れる NbSe<sub>2</sub> や、massive Dirac 電子系である Cu<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>Se<sub>2</sub> などの層状物質について、原子層化に伴う物性変化や、FET 構造を用いた filling 制御による物性変化を調べる。

（町田）h-BN 上の高移動度グラフェンを用いて作製した p/n/p 接合における Fabry-Perot 干渉、Klein トンネリングなどの Dirac 電子系特有の伝導現象を探索する。グラフェン・h-BN・MoS<sub>2</sub> 等の複合積層構造を作製して物性を調べる。h-BN をトンネルバリアとしたグラフェンへのスピン偏極電流の注入とスピン伝導を調べる。AFM を用いたグラフェンを局所酸化によりグラフェンナノ構造を作製し、ギャップ制御や局所化学修飾による物性制御を行う。

（山本）h-BN 上で Y 字型グラフェン/超伝導接合試料を作製し、超伝導ギャップ内で生ずる鏡面 Andreev 反射を用いて Cooper 対をもつれた 2 電子へ分離する実験を行う。分離の確認はショット雑音相関の測定で行う。グラフェンで干渉計を作製して、量子もつれ状態の検出と制御を行う。

（八木）h-BN 上の多層グラフェンについてもアンチドット格子を作製し、磁気抵抗に現れる電子波干渉効果から Berry 位相と層数の関係を解明する。

（遠藤）周期的ポテンシャル変調の、整数・分数量子ホール効果への影響を観測し、変調誘起相転移の可能性を調べる。量子ホール状態間の電子固体相（Wigner 結晶・ストライプ相・バブル相）の周期的変調への応答を探索し誘起を試みる。熱電効果や高周波伝導の実験も行う。

（劉）電子顕微鏡を用いてエッジ構造の同定、CVD グラフェンに多い結晶粒界構造の特定、熱処理や化学処理によるエッジ構造変化や分子吸着の直接観察、原子レベル変化を解明する。

（菅原）グラフェンナノリボンの高分解能スピン分解 ARPES により、エッジ局在状態のスピン偏極の発現機構を解明する。化学修飾グラフェンの ARPES によりバンドギャップ形成過程の起源を解明する。Si(111)表面上の Ag 薄膜に Si を 1 層程度蒸着させて原子層物質シリセンを作製し、高分解能 ARPES により電子状態の直接観測を行うと共に、他原子蒸着によるバンドギャップの変化の機構を調べる。

人権の保護及び法令等の遵守への対応（公募要領 4 頁参照）

本欄には、研究計画を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策と措置を講じるのか記述してください。

例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、組換え DNA 実験、動物実験など、研究機関内外の倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となります。

なお、該当しない場合には、その旨記述してください。

該当なし。

|       |     |       |      |         |       |
|-------|-----|-------|------|---------|-------|
| 領域略称名 | 原子層 | 研究機関名 | 東京大学 | 研究代表者氏名 | 長田 俊人 |
|-------|-----|-------|------|---------|-------|

## 今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況及び研究成果を社会・国民に発信する方法

本欄には、次の点について、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。

- ①本研究を実施するために使用する研究施設・設備・研究資料等、現在の研究環境の状況
- ②研究分担者がいる場合には、その者との連絡調整の状況など、研究着手に向けての状況（連携研究者及び研究協力者がいる場合についても必要に応じて記述してください。）
- ③本研究の研究成果を社会・国民に発信する方法等

### ①設備等の研究環境の準備状況

本計画研究を構成する7研究室は、これまでもグラフェンに関する研究を個別に遂行してきた。従ってグラフェン研究のための基本的設備は既に揃っているため、ソフト的にもハード的にも本計画研究にスムーズに移行できる状況にある。

伝導物性グループに所属する5研究室については、いずれも現状でグラフェン等の基本的な素子を作製するためのプロセス装置群（電子線描画装置、蒸着装置、スパッタ装置、プラズマエッチング装置等）と低温強磁場下の実験装置（超伝導マグネット、希釈冷凍機等）を保有しており、本研究で使用可能である。しかし本計画研究を実施して行くためには、比較的移動度の低い2層グラフェンも確実に量子 Hall 領域に入れられる強磁場（17T）を発生可能な超伝導マグネット（本体部のみ）や、グラフェン/h-BN 複合原子層を効率的に形成するための専用アライメントステージ等の設備が新たに必要となる。

構造・分光グループの2研究室に関しても、30～120kV 程度の低加速電圧でも十分な空間分解能を有する収差補正機電子顕微鏡、スピン非分解時の分解能 0.9 meV の世界最高水準の光電子分光装置を保有しており、本計画研究での使用が可能である。しかし効率的に利用するためには、電子線損傷を軽減する電子顕微鏡用 CCD カメラの導入や、分解能の低下を抑えた高感度スピン検出器の開発が必要となる。

### ②共同研究者との連絡状況

本計画研究内の研究者間の連絡は主に電子メール・電話により行っている。日本物理学会等の会合で議論する機会もあるので、共同研究の連絡調整には特に支障はない。また本研究に先立ち、一部の研究室は個別に領域内の他グループと共同研究の経験を持つ。例えば本計画で重要な役割を果たす h-BN 結晶に関しては、既に複数の研究室が A03 班連携研究者の渡邊賢司氏から供給を受けて実験結果が得られている。

### ③研究成果の発信方法

- 1) 基本的には専門学術誌への論文投稿と、日本物理学会や関連国際会議での発表により成果を発信する。
- 2) 領域の WEB ページ上に研究内容・成果・意義の説明を掲載する。
- 3) メンバーの所属機関・部局が行う一般公開などの社会啓蒙活動の機会を利用して、一般の方へ直接、研究内容を分かりやすく説明する。
- 4) インパクトの大きい成果については新聞等のマスメディアを通じた発表も行う。

# 研究業績

本欄には、研究代表者及び研究分担者がこれまでに発表した論文、著書、産業財産権等、招待講演のうち、本研究に関連する重要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、発表年（暦年）毎に線を引いて区別（線は移動可）し、通し番号を付して記入してください。なお、学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限ります。

また、必要に応じて、連携研究者の研究業績についても記入することができます。記入する場合には、二重線を引いて区別（二重線は移動可）し、研究者毎に、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり記入してください（発表年毎に線を引く必要はありません。）。

なお、研究業績については、主に2008年以降の業績を中心に記入してください。それ以前の業績でも本研究に深く関わるものについては記入しても構いませんが、3頁以内で記入してください。

| <p>発表年</p> <p>研究代表者・分担者氏名</p>   | <p>発 表 論 文 名 ・ 著 書 名 等</p> <p>(例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください。)</p> <p>(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。著者名が多数にわたる場合は、主な著者を数名記入し以下を省略(省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番号と記入)しても可。なお、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付してください。また、corresponding author には左に*印を付してください。)</p>  |
|---|---|
| <p>2012 以降</p> <p>長田俊人</p> <p>町田友樹</p> <p>山本倫久</p> <p>八木隆多</p> <p>劉 崢</p> <p>菅原克明</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Magnetotransport in Organic Dirac Fermion System at the Quantum Limit: Interlayer Hall Effect and Surface Transport via Helical Edge States, *<u>T. Osada</u>, Phys. Status Solidi B <b>249</b>, 962-966 (2012). (査読有)</li> <li>2. Observation of Angle-Dependent Stark Cyclotron Resonance in a Layered Organic Conductor, A. Kumagai, T. Konoike, K. Uchida, *<u>T. Osada</u>, J. Phys. Soc. Jpn. <b>81</b>, 023708-1-4 (2012). (査読有)</li> <li>3. Specific Heat of the Multilayered Massless Dirac Fermion System, *T. Konoike, K. Uchida, <u>T. Osada</u>, J. Phys. Soc. Jpn. <b>81</b>, 043601-1-4 (2012). (査読有)</li> <li>4. グラフェンの量子ホール伝導, *長田俊人, グラフェンの機能と応用展望 (齊木幸一郎監修) 第16章, pp.169-184 (シーエムシー出版, 東京, 2012). 著書 (査読なし)</li> <li>5. Resistive detection of nuclear spins in a single quantum dot under Kondo effect regime. *M. Kawamura, D. Gottwald, K. Ono, <u>T. Machida</u>, K. Kono, Phys. Rev. B <b>87</b>, 081303(R)-1-5 (2013). (査読有)</li> <li>6. Boundary Scattering in Ballistic Graphene. *S. Masubuchi, K. Iguchi, T. Yamaguchi, M. Onuki, M. Arai, K. Watanabe, T. Taniguchi, and <u>T. Machida</u>, Phys. Rev. Lett. <b>109</b>, 036601-1-5 (2012). (査読有)</li> <li>7. Tunnel spin injection into graphene using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> barrier grown by atomic layer deposition on functionalized graphene surface, T. Yamaguchi, S. Masubuchi, K. Iguchi, *R. Moriya, <u>T. Machida</u>, J. Magn. Magn. Mater. <b>324</b>, 849-852 (2012). (査読有)</li> <li>8. 3層グラフェンの電子状態と電気伝導, *山本倫久, 樽茶清悟, グラフェンの機能と応用展望 (齊木幸一郎監修) 第19章, pp.207-216 (シーエムシー出版, 東京, 2012). 著書 (査読なし).</li> <li>9. Gate tunable non-linear currents in bilayer graphene diodes, *H. Shioya, <u>M. Yamamoto</u>, S. Russo, M. F. Craciun, S. Tarucha, Appl. Phys. Lett. <b>100</b>, 033113-1-3 (2012). (査読有)</li> <li>10. Electrical control of a solid-state flying qubit, *<u>M. Yamamoto</u>, S. Takada, C. Bäuerle, K. Watanabe, A. D. Wieck, S. Tarucha, Nature Nanotechnology <b>7</b>, 247-251 (2012). (査読有)</li> <li>11. Graphene made by mechanical exfoliation of graphite intercalation compound, Seiya Fukada, Yumi Shintani, Midori Shimomura, Fumiya Tahara and *<u>Ryuta Yagi</u>, Jpn. J. Appl. Phys. <b>51</b>, 085101-1-4 (2012). (査読有)</li> <li>12. Observing Altshuler-Aronov-Spivak (AAS) oscillation in a hexagonal antidot array of monolayer graphene, *<u>Ryuta Yagi</u>, Midori Shimomura, Fumiya Tahara, Hiroaki Kobara, and Seiya Fukada, J. Phys. Soc Jpn. <b>81</b>, 063707-1-4 (2012).</li> <li>13. Preparation and Photophysical and Photoelectrochemical Properties of a Covalently Fixed Porphyrin-Chemically Converted Graphene Composite, *T. Umeyama, J. Mihara, N. Tezuka, Y. Matano, K. Stranius, V. Chukharev, N. V. Tkachenko, H. Lemmetyinen, K. Noda, K. Matsushige, T. Shishido, <u>Z. Liu</u>, K. Hirose-Takai, K. Suenaga, H. Imahori, Chem. Eur. J. <b>18</b>, 4250-4257 (2012). (査読有)</li> <li>14. Ca-intercalated bilayer graphene as a thinnest limit of superconducting C<sub>6</sub>Ca, K. Kanetani, *<u>K. Sugawara</u>, T. Sato, R. Shimizu, K. Iwaya, T. Hitosugi, and T. Takahashi, Proc. Natl. Acad. Sci. <b>109</b>, 19610-19613 (2012). (査読有)</li> </ol> |
| <p>2011</p> <p>長田俊人</p> <p>町田友樹</p> <p>山本倫久</p>                                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>15. Quantum Hall Transport across Monolayer-Bilayer Boundary in Graphene, A. Tsukuda, H. Okunaga, D. Nakahara, K. Uchida, T. Konoike, *<u>T. Osada</u>, J. Phys.: Conf. Ser. <b>334</b>, 012038-1-5 (2011). (査読有)</li> <li>16. Anomalous Interlayer Hall Effect in Multilayer Massless Dirac Fermion System at the Quantum Limit, *<u>T. Osada</u>, J. Phys. Soc. Jpn. <b>80</b>, 033708-1-4 (2011). (査読有)</li> <li>17. Magnetotransport of Massless Dirac Fermions in Multilayer Organic Conductors, *<u>T. Osada</u>, K. Uchida, and T. Konoike, J. Phys.: Conf. Ser. <b>334</b>, 012049-1-5 (2011). (査読有)</li> <li>18. Spatial gradient of dynamic nuclear spin polarization induced by breakdown of the quantum Hall effect, *M. Kawamura, K. Kono, Y. Hashimoto, S. Katsumoto, <u>T. Machida</u>, Phys. Rev. B <b>83</b>, 041305-1-4 (2011). (査読有)</li> <li>19. Raman study on the interlayer interactions and the band structure of bilayer graphene synthesized by alcohol chemical vapor deposition, *M. Okano, R. Matsunaga, K. Matsuda, S. Masubuchi, <u>T. Machida</u>, Y. Kanemitsu, Appl. Phys. Lett. <b>99</b>, 151916-1-3 (2011). (査読有)</li> <li>20. Atomic force microscopy-based tunable local anodic oxidation of graphene, *S. Masubuchi, M. Arai, <u>T. Machida</u>, Nano Letters <b>11</b>, 4542-4545 (2011). (査読有)</li> <li>21. Physics and applications of double gated graphene devices, *M. F. Craciun, S. Russo, <u>M. Yamamoto</u>, S. Tarucha, Nano today <b>6</b>, 42-60 (2011). (査読有)</li> </ol>   |

|  |  |
|--|--|
| <p>2011</p> <p>劉 崢</p> <p>菅原克明</p>   | <p>22. Stacking-order dependent transport properties of trilayer graphene, *S. H. Jhang, M. F. Craciun, S. Schmidmeier, S. Tokumitsu, S. Russo, <u>M. Yamamoto</u>, Y. Skourski, J. Wosnitza, S. Tarucha, J. Eroms, C. Strunk, Phys. Rev. B <b>84</b>, 161408 (RC) (2011). (査読有)</p> <p>23. Identification of active atomic defects in a monolayered tungsten disulphide nanoribbon, *<u>Z. Liu</u>, K. Suenaga, Z. Wang, Z. Shi, S. Iijima, Nature Commun. <b>2</b>, 213 (2011). (査読有)</p> <p>24. Fabrication of Li-intercalated bilayer graphene, *<u>K. Sugawara</u>, K. Kanetani, T. Sato, and T. Takahashi, AIP advances <b>1</b>, 022103-1-5 (2011). (査読有)</p> <p>25. Semiconductor-Metal Transition and Band-gap Tuning in Quasi-Free-Standing Epitaxial Bilayer Graphene on SiC, *<u>K. Sugawara</u>, T. Sato, K. Kanetani, and T. Takahashi, J. Phys. Soc. Jpn. <b>80</b>, 024705-1-4 (2011). (査読有)</p> <p>26. Photoemission study of electronic structure evolution across the metal-insulator transition of heavily B-doped diamond, *H. Okazaki, T. Arakane, <u>K. Sugawara</u>, T. Sato, T. Takahashi, T. Wakita, M. Hirai, Y. Muraoka, Y. Takano, S. Ishii, S. Iriyama, H. Kawarada, and T. Yokoya, J. Phys. Chem. Solids <b>72</b>, 582-584 (2011). (査読有)</p>   |
| <p>2010</p> <p>長田俊人</p> <p>町田友樹</p> <p>山本倫久</p> <p>八木隆多</p> <p>劉 崢</p> <p>菅原克明</p> | <p>27. First Observation of Angle-Dependent Stark Cyclotron Resonance in Bulk Crystals: High-Electric-Field Interlayer Magnetotransport in a Layered Organic Conductor, A. Kumagai, T. Konoike, K. Uchida, and *<u>T. Osada</u>, Physica B <b>405</b>, S202-S204 (2010). (査読有)</p> <p>28. Field-Angle Dependence of Interlayer Off-Diagonal Magnetoresistance in Quasi-Two-Dimensional Layered Conductors, *S. Sugawara, T. Shimizu, and <u>T. Osada</u>, Physica B <b>405</b>, S208-S210 (2010). (査読有)</p> <p>29. Angle-Dependent Magnetoresistance Oscillations and Magnetic Breakdown in <math>\alpha</math>-(BEDT-TTF)<sub>2</sub>KHg(SCN)<sub>4</sub>, *K. Uchida, T. Konoike, and <u>T. Osada</u>, Physica B <b>405</b>, S221-S223 (2010). (査読有)</p> <p>30. グラファイトの磁気輸送とディラック電子, *<u>長田俊人</u>, 今村大樹, 内田和人, 鴻池貴子, 固体物理特集号 <b>45</b>, 599-610 (2010). (査読なし)</p> <p>31. Strain-induced enhancement of electric quadrupole splitting in resistively detected nuclear magnetic resonance spectrum in quantum Hall systems, *M. Kawamura, T. Yamashita, H. Takahashi, S. Masubuchi, Y. Hashimoto, S. Katsumoto, <u>T. Machida</u>, Appl. Phys. Lett. <b>96</b>, 032102-1-3 (2010). (査読有)</p> <p>32. Scanning microscopy of nuclear spin polarization via quantum Hall edge channels, *T. Nakajima, Y. Kobayashi, S. Komiyama, M. Tsuboi, <u>T. Machida</u>, Phys. Rev. B <b>81</b>, 085322-1-7 (2010). (査読有)</p> <p>33. Fabrication of single-electron transistor composed of a self-assembled quantum dot and nanogap electrode by atomic force microscope local oxidation, *R. Moriya, H. Kobayashi, K. Shibata, S. Masubuchi, K. Hirakawa, S. Ishida, Y. Arakawa, <u>T. Machida</u>, Appl. Phys. Express <b>3</b>, 035001-1-3 (2010). (査読有)</p> <p>34. 3層グラフェンの電気伝導とバンド構造, *<u>山本 倫久</u>, M. F. Craciun, S. Russo, A. F. Morpurgo, 樽茶 清悟, 固体物理特集号 <b>45</b>, 581-588 (2010). (査読なし)</p> <p>35. Contact resistance in graphene-based devices, S. Russo, M.F. Craciun, <u>M. Yamamoto</u>, A.F. Morpurgo, and S. Tarucha, Physica E <b>42</b>, 677-680 (2010). (査読有)</p> <p>36. Magnetoresistance oscillation at charge neutrality point in monolayer graphene due to potential fluctuation, *<u>Ryuta Yagi</u>, Seiya Fukada, Hiroaki Kobara, Yumi Shintani, Norio Ogita and Masayuki Udagawa, J. of Phys. Conf. Ser. <b>232</b>, 012013-1-5 (2010). (査読有)</p> <p>37. Negative magnetoresistance due to charge fluctuation in mono-layer graphene in magnetic field, *<u>Ryuta Yagi</u>, Seiya Fukada, Hiroaki Kobara, Norio Ogita and Masayuki Udagawa, Physica E <b>42</b>, 673-676 (2010). (査読有)</p> <p>38. Charge imbalance relaxation due to pair breaking perturbation by magnetic field, Kazuki Tsuboi and *<u>Ryuta Yagi</u>, J. Phys. Soc. Jpn. <b>79</b>, 013704-1-3 (2010). (査読有)</p> <p>39. Imaging the Structure, Symmetry, and Surface-Inhibited Rotation of Polyoxometalate Ions on Graphene Oxide, *J. Sloan, <u>Z. Liu</u>, K. Suenaga, *N. R. Wilson, P. A. Pandey, L. M. Perkins, J. P. Rourke, I. J. Shannon, Nano Lett. <b>10</b>, 4600-4606 (2010). (査読有)</p> <p>40. C<sub>6</sub>Ca の層間電子超伝導, *<u>菅原克明</u>、佐藤宇史、高橋隆、日本物理学会誌 <b>65</b>, 256-259 (2010). (査読有)</p> |
| <p>2009</p> <p>長田俊人</p> <p>町田友樹</p> <p>山本倫久</p>                                    | <p>41. Magnetothermal Instability in the Organic Layered Superconductor <math>\square</math>-(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub>, *T. Konoike, K. Uchida, <u>T. Osada</u>, T. Yamaguchi, M. Nishimura, T. Terashima, S. Uji, and J. Yamada, Phys. Rev. B <b>79</b>, 054509-1-5 (2009). (査読有)</p> <p>42. High-Frequency Electron Spin Resonance System Using a Microcantilever and a Pulsed Magnetic Field, *E. Ohmichi, N. Mizuno, M. Kimata, H. Ohta, and <u>T. Osada</u>, Rev. Sci. Inst. <b>80</b>, 013904-1-5 (2009). (査読有)</p> <p>43. Spin-related current suppression in a semiconductor-quantum-dot spin-diode structure, *K. Hamaya, M. Kitabatake, K. Shibata, M. Jung, S. Ishida, T. Taniyama, K. Hirakawa, Y. Arakawa, <u>T. Machida</u>, Phys. Rev. Lett. <b>102</b>, 236806-1-4 (2009). (査読有)</p> <p>44. Dynamic nuclear polarization induced by breakdown of fractional quantum Hall effect, *M. Kawamura, M. Ono, Y. Hashimoto, S. Katsumoto, K. Hamaya, <u>T. Machida</u>, Phys. Rev. B <b>79</b>, 193304-1-4 (2009). (査読有)</p> <p>45. Fabrication of graphene nanoribbon by local anodic oxidation lithography using atomic force microscope, *S. Masubuchi, M. Ono, K. Yoshida, K. Hirakawa, <u>T. Machida</u>, Appl. Phys. Lett. <b>94</b>, 082107-1-3 (2009). (査読有)</p> <p>46. Trilayer graphene is a semimetal with a gate-tunable band overlap, *M. F. Craciun, S. Russo, <u>M. Yamamoto</u>, J. B. Oostinga, A. F. Morpurgo, S. Tarucha, Nature Nanotechnology <b>4</b>, 383 - 388 (2009). (査読有)</p> <p>47. Transport through double-gated graphene-based devices, *S. Russo, M. F. Craciun, <u>M. Yamamoto</u>, S. Tarucha, and A. F. Morpurgo, New Journal of Physics <b>11</b>, 095018 (2009). (査読有)</p>   |

|  |  |
|--|--|
| <p>2009<br/>八木隆多<br/>劉 崢<br/>菅原克明</p>  | <p>48. Study of Quasi-Particle Recombination Rate by Injection Experiment Using Narrow Superconducting Wire and dc-SQUID Junctions, *R. Yagi, K. Tsuboi, R. Morimoto, T. Matsumura H. Kobara, J. Phys. Soc. Jpn. <b>78</b>, 54704-1-4 (2009). (査読有)</p> <p>49. Open and Closed Edges of Graphene Layers, *Z. Liu, K. Suenaga, P. JF Harris, S. Iijima, Phys. Rev. Lett. <b>102</b>, 015501-1-4 (2009). (査読有)</p> <p>50. Fermi-surface-dependent superconducting gap, K. Sugawara, *T. Sato, and T. Takahashi, Nature Phys. <b>5</b>, 40-43 (2009). (査読有)</p>   |
| <p>2008 以前<br/><br/>長田俊人<br/><br/>町田友樹<br/><br/>山本倫久<br/><br/>八木隆多<br/><br/>菅原克明</p> | <p>51. Negative Interlayer Magnetoresistance and Zero-Mode Landau Level in Multilayer Dirac Electron Systems, *T. Osada, J. Phys. Soc. Jpn. <b>77</b>, 084711-1-5 (2008). (査読有)</p> <p>52. The Enhanced Negative Magnetoresistance of Fe/Tb Multilayer at Multiextreme Conditions, *M. Ohashi, G. Oomi, E. Ohmichi, T. Osada, K. Takano, H. Sakurai, and F. Itoh, J. Appl. Phys. <b>104</b>, 073901-1-4 (2008). (査読有)</p> <p>53. Interlayer Magnetoresistance of Quasi-One-Dimensional Layered Organic Conductors, *W. Kang, T. Osada, Y. J. Jo, and H. Kang, Phys. Rev. Lett. <b>99</b>, 017002-1-4 (2007). (査読有)</p> <p>54. Interlayer Surface Transport in Multilayer Quantum Hall Systems under Tilted Magnetic Fields, S. Okui, E. Ohmichi, and *T. Osada, Int. J. of Mod. Phys. B <b>21</b>, 1524-1528 (2007). (査読有)</p> <p>55. Oscillatory changes in the tunneling magnetoresistance effect in semiconductor quantum-dot spin valves, *K. Hamaya, M. Kitabatake, K. Shibata, M. Jung, M. Kawamura, S. Ishida, T. Taniyama, K. Hirakawa, Y. Arakawa, T. Machida, Phys. Rev. B <b>77</b>, 081302-1-4 (2008). (査読有)</p> <p>56. Tunneling magnetoresistance effect in a few-electron quantum-dot spin valve, *K. Hamaya, M. Kitabatake, K. Shibata, M. Jung, M. Kawamura, S. Ishida, T. Taniyama, K. Hirakawa, Y. Arakawa, and T. Machida, Appl. Phys. Lett. <b>93</b>, 222107-1-3 (2008). (査読有)</p> <p>57. Observation of half-integer quantum Hall effect in single-layer graphene using pulse magnet, *S. Masubuchi, K. Suga, M. Ono, K. Kindo, S. Takeyama, T. Machida, J. Phys. Soc. Jpn. <b>77</b>, 113707-1-4 (2008). (査読有)</p> <p>58. Noise Correlations in a Coulomb Blockaded Quantum Dot, Y. Zhang, L. DiCarlo, D. T. McClure, M. Yamamoto, S. Tarucha, *C. M. Marcus, M. P. Hanson, A. C. Gossard, Phys. Rev. Lett. <b>99</b>, 036603-1-4 (2007). (査読有)</p> <p>59. Tunneling Measurements of charge imbalance of non-equilibrium superconductors, *R. Yagi, K. Utsunomiya, K. Tsuboi, T. Kubota, Y. Terao and Y. Ikebuchi, Controlable Quantum States, pp.3-8 (World Scientific, Singapore, 2008). (査読有)</p> <p>60. Josephson Junction with Tunable Damping using Quasi-particle Injection, K. Utsunomiya, K. Tsuboi, T. Kubota and *R. Yagi, Controlable Quantum States, pp.59-64 (World Scientific, Singapore, 2008). (査読有)</p> <p>61. Quasiparticle lifetime in graphite studied by ultrahigh-resolution ARPES, *K. Sugawara, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, and H. Suematsu, J. Phys. Chem. Solids <b>69</b>, 2996-2999 (2008). (査読有)</p> <p>62. Low-energy excitations in graphite studied by ultrahigh-resolution angle-resolved photoemission spectroscopy, K. Sugawara, *T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, and H. Suematsu, Physica B <b>403</b>, 1531-1533 (2008). (査読有)</p> <p>63. Anomalous quasiparticle lifetime and strong electron-phonon coupling in graphite, K. Sugawara, *T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, and H. Suematsu, Phys. Rev. Lett. <b>98</b>, 036801-1-4 (2007). (査読有)</p> |
| <p>遠藤 彰</p>  | <p>64. Geometric resonances in the magnetoresistance of hexagonal lateral superlattices, Y. Kato, *A. Endo, S. Katsumoto, and Y. Iye, Phys. Rev. B <b>86</b>, 235315-1-10 (2012). (査読有)</p> <p>65. Modulation Induced Phase Transition from Fractional Quantum Hall to Stripe State at <math>\nu=5/3</math>, *A. Endo, N. Shibata and Y. Iye, J. Phys. Soc. Jpn. <b>79</b>, 103707-1-4 (2010). (査読有)</p> <p>66. Effect of Oscillating Landau Bandwidth on the Integer Quantum Hall Effect in a Unidirectional Lateral Superlattice, *A. Endo and Y. Iye, J. Phys. Soc. Jpn. <b>79</b>, 034701-1-7 (2010). (査読有)</p> <p>67. Collapse of the fractional quantum Hall state by a unidirectional periodic potential modulation, *A. Endo, N. Shibata and Y. Iye, Physica E <b>42</b>, 1042-1045 (2010). (査読有)</p> <p>68. Spin-Resolved Edge States around an Antidot in the Vicinity of the <math>\nu=2</math> Quantum Hall State, M. Kato, *A. Endo, S. Katsumoto, Y. Iye, J. Phys. Soc. Jpn. <b>78</b>, 124704-1-7 (2009). (査読有)</p> <p>69. Fundamental relation between longitudinal and transverse conductivities in the quantum Hall system, *A. Endo, N. Hatano, H. Nakamura and R. Shirasaki, J. Phys.: Condens. Matter <b>21</b>, 345803-1-11 (2009). (査読有)</p> <p>70. Quantum Nernst effect in a bismuth single crystal, *M. Matsuo, A. Endo, N. Hatano, H. Nakamura and R. Shirasaki, Phys. Rev. B <b>80</b>, 075313-1-6 (2009). (査読有)</p> <p>71. Modulation of the Shubnikov-de Haas Oscillation in Unidirectional Lateral Superlattices, *A. Endo and Y. Iye, J. Phys. Soc. Jpn <b>77</b>, 054709-1-9 (2008). (査読有)</p> <p>72. Higher order terms in the geometric resonance of open orbits in unidirectional lateral superlattices, *A. Endo, Y. Iye, Solid. State Commun. <b>148</b>, 131-134 (2008). (査読有)</p> <p>73. Fourier analyses of commensurability oscillations in Fibonacci lateral superlattices, *A. Endo and Y. Iye, Phys. Rev. B <b>78</b>, 85311-1-10 (2008). (査読有)</p>   |