

## 第二回仁科アジア賞 (Nishina Asia Award)

ZHANG, Yuanbo (張遠波) 氏授賞理由

### 「単層および二層グラフェンの電子的性質の解明への特筆すべき貢献」

“for his outstanding contributions to the elucidation of electronic properties of monolayer and bilayer graphene”

グラファイト（黒鉛）は炭素原子からなる蜂の巣格子が積層した系で、低密度の電子と正孔を有する擬2次元半金属である。グラファイトの単原子層を取り出した系はグラフェンと呼ばれ、相対論的ディラック方程式に従う質量ゼロの電子（ディラック電子）が実現するユニークな2次元系である。ガイム (Andre Geim) とノヴォセロフ (Konstantin Novoselov) は2003年に、グラファイト剥片をシリコン酸化膜上に擦りつけるという手法により数 $\mu\text{m}$ サイズのグラフェンを作製し、その特異な性質を実証することによってグラフェン研究の緒を開いた。両人はこの業績に対して2010年にノーベル物理学賞を受賞している。

グラフェン研究の黎明期にコロンビア大の Philip Kim 教授のグループに大学院生として所属していた Zhang 氏は、新興のグラフェン研究に取り組んだ。「グラフェンにおける異常な量子ホール効果」を報じた論文[1]は、Novoselov, Geim のグループによる同趣旨の論文とともに2005年11月10日発行の Nature 誌に掲載されたものである。単層グラフェンのディラック電子系が示す量子ホール効果が、GaAs/AlGaAs 系など通常の2次元電子系における量子ホール効果とは質的に異なる様相を示すことを見事に示したこの論文は、5000を越える被引用度数が物語るように、グラフェン研究における古典とも位置付けられる成果である。

Zhang 氏は学位取得後、カリフォルニア大学バークレー校の Zettl 教授のグループでポストドクとしてグラフェンの研究を発展させた。2層グラフェン中の電子は（単層グラフェンとは異なり）ゼロでない質量を持つが、両層が完全に対称な場合はゼロギャップであり対称性を崩すと同時にギャップが開くことが理論的に予想されていた。2009年の論文[2]では、2層グラフェンのバンドギャップが垂直電場によって広範囲にわたって変化することを実証し、バンドギャップの電界制御を実証するとともに、赤外領域のチューナブル光検出器としての応用の可能性も示した。また、論文[3]では、単層グラフェンの局所電子状態を走査トンネル顕微鏡 (STM) によって調べ、ディラック電子の散乱過程に大きな影響を及ぼす空間電荷ゆらぎの原因が荷電不純物にあることを実証している。

以上は、主要論文として提出された3篇の業績を紹介したものであるが、Zhang 氏はこの他にも、被引用度数が数百回に及ぶような数々の論文の共著者となっており、グラフェン研究の発展に大きく貢献した功績は仁科アジア賞に相応しいものと認められる。

Zhang 氏は2010年に復旦大学物理学科教授に着任し、研究室立ち上げの段階を経て、新

たな原子層系の物質開拓に意欲的に取り組んでいる。最近では黒リンの原子層系に関する論文を発表するなど既に着実な成果を挙げており、今後の活躍が大いに期待できる。

参考文献：

1. Y.Zhang, Y.-W.Tan, H.L.Stormer, P.Kim, “Experimental Observation of Quantum Hall Effect and Berry’s Phase in Graphene”, *Nature* 438, 201 (2005).
2. Y.Zhang, T.-T. Tang, C. Girit, Z. Hao, M.C. Martin, A. Zettl, M.F. Crommie, Y.R. Shen and F. Wang, “Direct Observation of a Widely tunable Bandgap in Bilayer Graphene”. *Nature* 459, 820 (2009).
3. Y.Zhang, V.W. Brar, C.Girit, A. Zettl and M.F. Crommie, “Origin of Spatial Charge Inhomogeneity in Graphene” *Nature Physics* 5, 722-726 (2009).