

# スイス・バーゼル大学から卓越研究員として Research at University of Basel in Switzerland

**仲田 光樹** スピン・エネルギー変換材料科学研究グループ  
Kouki Nakata Research Group for Spin-energy Transformation Science Group



バーゼル大学（スイス）より卓越研究員として着任いたします、仲田光樹と申します。私は京都大学（基礎物理学研究所）で2014年に博士号（理学）を取得後、現在に至るまでの約4年間、バーゼル大学で理論物理学の研究を行ってきました [1]。スイス北西部に位置し、ドイツ、フランスと国境を接するバーゼル（ドイツ語圏）は、チューリッヒ、ジュネーブに次ぐスイス第三の都市です。ライン川が流れる市の中心部にバーゼル大学はあります [写真1（上）]。バーゼル大学は1460年に創立されたスイス最古の大学です。著名な大学関係者に、ユング（心理学者：1875-1961）、ベルヌーイ（数学者：1700-82）、オイラー（数学者：1707-83）、ニーチェ（哲学者：1844-1900）、等があります [写真1（下）]。

私はバーゼル大学において、1998年に量子コンピュータ（Loss-DiVincenzo量子コンピュータ）[2]の実現に向けた理論を提案したことで世界的に著名なDaniel Loss教授と「スピン流」研究を行ってきました。電子には「電荷」と「スピン」という二つの側面（自由度）がありますが、従来のエレクトロニクス技術は電子の電荷の自由度のみを活用してきました。そこで私とLoss氏は、電子のもつもう一つの自由度、スピン、特にその流れである「スピン流」[2]に着目し、内在する量子力学的な性質を萌芽させるためにはどうすればよいか理論研究を行い、数編の論文にまとめ、その方法を理論的に提案しました [1]。これらの研究により、従来のエレクトロニクス技術と比べ、スピン流を介してより高効率、省エ

I am Kouki Nakata. I joined JAEA as a so-called “Takuetsu-Reseracher” supported by Ministry of Education (JSPS) under the Leading Initiative for Excellent Young Researchers (LEADER: “Takuetsu” program in Japanese). In 2014, I obtained my Ph. D. in science from the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University. Since then, I have worked at University of Basel in Switzerland, collaborating with Prof. Daniel Loss for four years [1]. Basel is in northwestern Switzerland, and the Rhine river flows through the city [Photo 1 (Upper)]. Basel is the third-most populous city in in Switzerland after Zurich and Geneva, and it shares borders with France and Germany. The official language in the town is “Swiss” German. The University of Basel, founded in 1460, is the oldest university in Switzerland. Notable alumni of University of Basel include Jung (psychologist: 1875–1961), Bernoulli (mathematician: 1700–82), Euler (mathematician: 1707–83), and Nietzsche (philosopher: 1844–1900) [Photo 1 (Lower)].

Collaborating with Prof. Daniel Loss in Basel, who is famous for having proposed a quantum computer in 1997, which is called Loss-DiVincenzo quantum computer nowadays [2], I have worked theoretically on spin transport phenomena [1]. While electrons have two degrees of freedom (charge and spins), spin degrees of freedom have been disregarded in conventional electronics. Using spins and focusing on the flow of spins (spin current), I succeeded in



**写真 1**

(上) 毎朝このライン川沿いを歩いてオフィスまで通っていました。(下) 大講堂に掲げられたバーゼル大学関係者の肖像画。真ん中にあるのが(おそらく)物理学者/数学者の Daniel Bernoulli (1700-1782)。

**Photo 1**

(Upper) Rhine river that flows through Basel city. I have enjoyed walking along the river to my office every morning. (Lower) Portraits concerned with the University of Basel. The one in the middle is (possibly) Daniel

## 談話室

エネルギーに情報を伝送できることが‘期待’できます [3]。

特に幾何学的量子位相（トポロジカルな性質）を活用し、従来とは異なり（伝導）電子が全く存在しない系において、外界からのノイズ及び試料内部の非磁性不純物による攪乱に対して安定にスピン情報を保存・伝送可能な「（一種の）トポロジカル絶縁体」の作成方法を提案することに成功しました [1]。中性子散乱実験施設を有する原子力機構の皆さまと協力する事で、自身の理論を実験で確認したいと期待しております。

2016年、物質のトポロジカル相という概念を物理学に導入し、その基礎学理を確立した先駆的業績により、D. Thouless, J. Kosterlitz, F. D. M. Haldane の三氏にノーベル物理学賞が授与されました。こうした基礎物理学で創出・熟成された概念を物質科学に適用する私の研究は、普遍性を追求する「物理学」と物質の個性を活かす「スピントロニクス分野」に「トポロジカル量子科学」という架け橋を構築し、新たなスピン流量子機能を開拓する事が期待できます。今後も、スピン流の省エネルギー技術への活用を視野に入れつつ、基礎物理学との接点を指導原理に研究を進めます。

## 参考文献 References

- [1] KN et al., J. Phys. D 50, 114004 (2017); Review.  
 KN et al., Phys. Rev. B 90, 144419 (2014).  
 KN et al., Phys. Rev. B 92, 014422 (2015).  
 KN et al., Phys. Rev. B 92, 134425 (2015).  
 KN et al., Phys. Rev. B 95, 125429 (2017).  
 KN et al., Phys. Rev. B 96, 224414 (2017).  
 [2] D. Loss and D. P. DiVincenzo, Phys. Rev. A 57, 120 (1998). D. Loss, P. Goldbart and A. V. Balatsky, Phys. Rev. Lett. 65, 1655 (1990). F. Meier and D. Loss, Phys. Rev. Lett. 90, 167204 (2003).  
 [3] Spin Current, edited by S. Maekawa et al. (Oxford University Press, Oxford, UK, 2012). 齊藤英治, 村上修一, 『スピン流とトポロジカル絶縁体』(共立出版, 2014).

theoretically proposing how to exploit the intrinsic quantum-mechanical properties of insulating magnets [1]. My research is expected to lead to the energy-saving technology [3].

Especially, by using a geometric phase to exploit the intrinsic topological properties of spins, I have succeeded in theoretically proposing the realization of a new type of topological insulators. The insulator is expected to be robust against nonmagnetic impurity scattering, where spin information is topologically protected. Toward experimental realization, neutron scattering measurements will be one of the most promising approaches. Collaborating with my colleagues at JAEA, I would like to perform such observations.

In 2016, Prof. D. Thouless, Prof. J. Kosterlitz, and Prof. F. D. M. Haldane were awarded the Nobel Prize (Physics) for their pioneering works on the topological properties of materials; they introduced the concept “topology” to Physics and established the fundamental basis for it. By applying the concept to material science, I have built a new bridge dubbed “topological spintronics” between fundamental physics and spintronics, thus exploiting the intrinsic quantum-mechanical properties of spin currents. To seek possibilities for the application of this energy-saving technology, I continue to work on the so-called spintronics, while being based in fundamental physics. I thus open and establish a new direction, topological spintronics.