

平成 29 年度（第 63 回）仁科記念賞 受賞者

平成 29 年 11 月 10 日
公益財団法人仁科記念財団
理事長 小林 誠

平成 29 年 10 月 27 日に開催された第 23 回理事会において、本年度の仁科記念賞を以下の 3 件、3 氏に授与することを決定しました。

1) 武居 弘樹 Hiroki Takesue (46歳) (和歌山市出身)

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 上席特別研究員



業績題目：

「大規模コヒーレントイジングマシンの実現」
“Realization of large-scale coherent Ising machines”

業績要旨：

現代コンピュータでは計算時間が指数発散する NP 困難クラスの問題の一つに 3 次元イジングモデルがある。統計力学では古くからスピングラスモデルとして知られてきたものである。現代社会の様々な分野で現れる組合せ最適化問題（創薬、無線通信、圧縮センシング、FinTech, 機械学習、スケジューリング、など）がこのイジングモデルに多項式リソースでマッピングできることから、イジングモデルを効率良く解く量子コンピュータや量子アニーラの開発が世界的に活発に行なわれている。しかし、実問題を解くことが出来る大規模なマシン開発の目処は立っていない。

武居弘樹氏は、長さ 1 km の光ファイバリング共振器中に同時に生成された 2000 個の縮退光パラメトリック発振光 (OPO) パルスをイジングスピンと見立て、これを量子測定フィードバック回路で全結合することにより、イジングハミルトニアンを OPO ネットワークの実効損失にマッピングした大規模コヒーレントイジングマシンを実現した。

この系において、外部からのポンプ光強度を発振しきい値の下から上へゆっくり上げていくと、まず真空スクイーズ状態による量子並列探索が実装され、ついで OPO 相転移点（発振しきい値）で協同的な対称性の破れによりイジング問題の解が選択され、最後に光子の誘導放出により選択された解の確率振幅が指数的に増幅される。コヒーレントイジングマシンは、これまで 4~16 ビット（全結線数 6-23）の小規模なものが空間光学系と光遅延線結合により実現されていたが、武居氏は長尺光ファイバリング共振器と量子測定フィードバック結合という新たな実験手法を導入することにより、その規模を一挙に 2000 ビット（全結線数 400 万）に拡

大した。このマシンは、NP 困難クラスの 3 次元イジング問題を用いたベンチマークにおいて、量子アニーラのみならず現代アルゴリズムを実装したスーパーコンピュータに対しても、速度・精度の両面で優位性を実証した。様々な量子コンピュータ技術がこれまで開発されてきたが、武居氏の実験はこれまでの潮流を根本から変える画期的なものである。

2) 安達 千波矢氏 Chihaya Adachi (54 歳) (東京都出身)

国立大学法人九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター長



業績題目：

「熱活性化遅延蛍光現象を用いた高効率有機 EL の実現」
“High Efficiency Organic Electroluminescence via Thermally Activated Delayed Fluorescence”

業績要旨：

安達氏は構成成分を合目的的に設計・合成できる有機 EL 材料の分野において、必要とされる各種物性パラメータ・化学パラメータ・材料としての必要条件を深く検討し、材料・デバイス開発に先駆的ならびに主導的に取り組み、高効率有機 EL を実現した。

希少かつ高価なレアメタルを用いることなく励起三重項状態を発光に寄与させる手法として、安達氏は熱エネルギーにより三重項励起子を一重項励起子にアップコンバージョンする熱活性化遅延蛍光 (TADF) に着目した。TADF 現象は光化学の分野では古くから知られていたが (フラーレンやポルフィリン誘導体、非常に低効率)、同氏は密度汎関数法に基づく精緻な分子設計ならびに網羅的な分子合成により、三重項励起子と一重項励起子間のエネルギー差を非常に小さくすることに成功し、100%に近いアップコンバージョン確率や、ほぼ 30%の外部量子効率を達成し、理論的に予測されていたことを実際にデバイスで証明した点が、特筆すべき成果である。

3) 甲元 真人 Mahito Kohmoto (67 歳) (東京都出身)

元東京大学物性研究所



業績題目：

「トポロジカル量子物性物理学の創始」
“Foundation of Topological Quantum Condensed Matter Physics”

業績要旨：

近年、量子物性物理学において、トポロジーの重要性が広く認識されるようになってきた。

特に、2005 年のトポロジカル絶縁体の理論的発見以降、トポロジカル絶縁体・超伝導体・半金属などの研究に飛躍的な進展がみられている。

このようなトポロジカル量子現象に関する理論研究は、1982 年の Thouless -Kohmoto-Nightingale-den Nijs (TKNN)による先駆的な論文に始まる。これは整数量子ホール状態での「ホール伝導度の量子化」を理論的に示したものであり、トポロジカル量子物性物理の幕開けを告げる美しい理論である。甲元氏は、この著しい成果を生み出した著者の一人として世界的に高く評価されている。

TKNN の論文で示された量子化の仕組みは、その後の研究で、トポロジーという数学の概念と密接に関係していることが明らかになった。1983 年の Avron らの論文では、TKNN の論文で求められたホール伝導度の量子化値がトポロジカル不変量で与えられることが指摘された。さらに、1985 年の甲元氏の単著論文では、整数量子ホール効果におけるトポロジーの物理的意義が明快に説明されている。この甲元の論文では、周期ポテンシャル中の自由電子系に対して、（１）運動量空間に仮想的なゲージ場が定義できること、（２）ホール伝導度がこのゲージ場に伴う曲率の積分で与えられること、（３）この積分がチャーン数と呼ばれる整数値をとるトポロジカル不変量になることが示された。運動量空間におけるゲージ場を用いた甲元氏の定式化は、物性物理学に広く浸透し、トポロジカル物質を理解する上で標準的な枠組みを与えることとなった。

TKNN の著者の一人であり、トポロジカル量子現象を扱う理論的な枠組みを与えた甲元氏は、トポロジカル量子物性物理学の創始者の一人として、その基礎を築き物性物理学に新たな研究舞台を切り拓いた。