授 賞 報 告

2019 年度日本数学会解析学賞授賞報告

2019 年度（第 18 回）日本数学会解析学賞の受賞者が決まり，2019 年 9 月 19 日金沢大学における秋季総合分科会において授賞式が執り行われました．今年度の日本数学会解析学賞委員会の構成は， 金銅誠之，坂口茂，須川敏幸，高信敏，谷口健二，利根川吉廣（委員長），矢島美寛，山崎教昭の 8 名です．受賞者とその受賞題目， 受賞理由は以下の通りです．各受賞者による受賞記念講演は，来年春の年会において関連分科会の特別講演として行われる予定です．

受賞者：坂井秀隆（東京大学大学院数理科学研究科）
受賞題目：パンルヴェ型方程式系の研究
英文題目：Research on Painlevé-type equations
受賞理由：パンルヴェ方程式は，楕円関数や超幾何関数を超える新しい特殊関数を定義するために，後に首相にもなったフランスの数学者パンルヴェ (Paul Painlevé) らによって 20 世紀の初めに構成され，6 種類に分類された 2 階の非自律非線形常微分方程式系である．坂井秀隆氏は，大学院の学生の時代から一貫して，明確な数学的原理に基づき，パンルヴェ方程式を離散的に，また，高次元に拡張する研究を続け，パンルヴェ方程式を有理曲面によって特徴付け幾何学的に分類を行った代数幾何学的理論（坂井理論）を始め数々の先駆的な業績をあげている．

最近，坂井氏はパンルヴェ方程式の高次元化の問題において，これまで散在的に発見されていた 4 階のパンルヴェ型の方程式に対して，Fuchs 型方程式の変形理論の観点から分類理論に取り組み，次元を特定した場合のモノドロミー保存変形方程式の分類というかたちで統一的な視点を与えた．その結果，新たに坂井氏の発見した一つを含め，最も上流に位置する方程式系が 4 種類であることが示された．そして，川上拓志氏，中村あかね氏，廣惠一希氏とともに，この 4 種類の方程式の退化図式の研究を進め，22 種類の不分岐型の方程式の完全なリストを作成するなどその下流にある方程式系の分類を行った．この結果はパンルヴェらによるパンルヴェ性を用いた 2 階の方程式に関する分類を 100 年ぶりに高次元に拡張した際立った成果である．

その後も，坂井氏は，共型場理論を応用した離散パンルヴェ方程式の解の級数表示式の導出や，ミドルコンボリューションと呼ばれる手法の離散化などパンルヴェ型方程式研究の最先端で活躍を続けており，この分野の世界的な第一人者であり国際的評価もたいへん高い．これらの功績は日本数学会解析学賞の授与にふさわしいものである．

受賞者：角大輝（京都大学大学院人間・環境学研究科）
受賞題目：1 変数有理関数の生成する半群およびランダム力学系の研究
英文題目：Study on semigroups and random dynamics of rational functions of one complex variable
受賞理由：複素力学系は２０世紀初頭の Julia と Fatou による研究に端を発するが，その後は長らく散発的にしか目立った研究は現れなかった．1980 年頃の Mandelbrot によるコンピュータを用いたフラクタルの描画を契機とし，その後コンピュータ技術の発展も相俟って急速に発展を遂げる．一方で戦後，リーマン面の変形理論から発展したクライン群論も Thurston や Sullivan による画期的な研究が端緒となって注目を集める分野に成長した．この２つの概念を自然に包含するものとして有理半群 (rational semigroup) の概念が 1990 年代後半に Hinkkanen と Martin により提唱され，角氏はその頃から一貫して有理半群の複素力学系の研究に取り組んできた．有限生成有理半群のジュリア集合が，縮小写像による反復関数系 (IFS) の不変集合と同様の集合方程式を満たすという発見を含め，ジュリア集合のハウスドルフ次元を与える公式やパラメータに関する依存性など基本的な結果を数多く導いてきた．

最近ではいくつかの有理関数をランダムに選んで反復合成をすることにより生ずるランダム複素力学系を考え，そのエルゴード理論的な性質を追究し，重要な貢献を数多く行っている．たとえば，多項式に対する古典的なニュートン法では初期値が根から離れている場合はどの根にも収束せず，別の安定周期点に近づくこともある．McMullen はニュートン法のようないかなる代数的なアルゴリズムも，ほとんどすべての初期値から出発した軌道がどれかの根に近づくという良い性質を持たないことを示した．角氏はニュートン法にランダム項を加えることで，有限個の例外点を除くすべての初期値から出発して確率 1 でどれかの根に収束することを厳密に示した．このアイデアは多項式の根を見つけるための実用的な方法を提供していると言える．

以上のように角氏の研究業績は複素解析はもとより，確率論，フラクタル幾何学，実解析など多方面に及んでおり，解析学賞を授与するにふさわしいものである．

受賞者：廣島文生（九州大学数理学研究院）
受賞題目：数学的場の量子論における汎関数積分の応用
英文題目：Application of functional integration in mathematical quantum field theory
受賞理由：廣島文生氏は 1990 年代より一貫して Hilbert 空間上の自己共役作用素の解析を基礎とした数学的場の量子論の研究を行い, 数多くの業績を挙げてきた. 特に近年, Wiener–Itô–Segal 同型および汎関数積分・確率解析を援用して量子場を解析する手法を発展させ, 従来の摂動論的手法では解析が困難だった多くの問題に対して非摂動論的な手法による解決を与えた. 最近 5 年間の顕著な業績としては, 汎関数積分を用いた Nelson 模型における紫外発散のくり込み（Massimiliano Gubinelli 氏, József Lőrinczi 氏との共同研究）, Semi-relativistic Pauli–Fierz 模型の自己共役性や基底状態の減衰性の証明, Spin-boson 模型における Gibbs 測度の構成およびそれを用いた基底状態の存在・一意性・局所性の証明（廣川真男氏, József Lőrinczi 氏との共同研究）などが挙げられる. いずれの結果も業界内で高い評価を得ているが, 特に初めの結果は Edward Nelson が 1960 年代の論文で未解決だった問題に解決を与えたものである.

廣島氏の手法の特徴は, 半群の汎関数積分表示に基礎をおき, 模型に付随する Gibbs 測度の確率積分表示を用いて解析を行う点である. この手法では従来の摂動級数を用いた方法に見られるような ‘coupling constant が小さい’ という仮定を必要とせず, 従来よりも広いパラメータ領域での解析が可能となる. また, Nelson 模型のくり込みでは元のハミルトニアンから引くべき対数発散項が pair interaction の対角項から自然に導かれる, という利点もある. 特に, 廣島氏の行った càdlàg パス空間と呼ばれる不連続パス空間上の Gibbs 測度の構成は, 一つのブレイクスルーとなり, これを用いて様々な模型の基底状態を解析する方法が切り開かれた. また, 廣島氏の手法は場の量子論に留まらず, 近年若山正人氏らにより研究されている非可換調和振動子の最小固有値の重複度の問題にも応用されている（佐々木格氏との共同研究）. こういった一連の手法は廣島氏と József Lőrinczi 氏, Volker Betz 氏との共著による 500 ページ以上の著書において Self-contained な形で解説されており, 今後のこの分野の発展に大きく寄与することが期待されている. これらの業績は, 解析学賞の授与にふさわしいものである.

（2019 年度日本数学会解析学賞委員会）