

授賞報告

2016年度日本数学会解析学賞授賞報告

2016年度(第15回)日本数学会解析学賞の受賞者が決まり、2016年9月17日関西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、青嶋誠、小川卓克、小澤徹、小磯深幸、渚勝、濱田英隆、舟木直久(委員長)、横田智巳の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：片山聡一郎(大阪大学大学院理学研究科教授)

受賞題目：非線形双曲型偏微分方程式系における零構造の研究

英文題目：Studies on null structure in systems of nonlinear hyperbolic partial differential equations

受賞理由：一般相対論、相対論的場の理論、プラズマ物理等を担う基礎方程式は、非線形双曲型偏微分方程式の系として定式化される。相互作用を記述する非線形項は、二次あるいは三次の形で、多くの物理モデルに現れる。時間大域的に存在する解の典型例は漸近自由解であり、散乱理論においても中心的な役割を果たす。漸近自由解を想定する限り、初期値問題は、空間次元が高い程、容易になり、低い程、困難となる。発展方程式論の一般論的枠組では扱えない臨界の場合が個別の研究課題となるが、それが真に現実の物理モデルに相当することも多く、極めて興味深い研究対象となっている。低次元空間としての三次元空間において、漸近自由解の一種である小振幅解の存在を、非線形構造との関連で見出したのが1980年代半ばのKlainermanの一連の業績である。その特別な非線形構造は、現在、零構造(null structure)として広く認識されている。



片山聡一郎氏は、非線形波動方程式系や非線形クライン・ゴールドン方程式系をはじめとする非線形双曲型方程式系における零構造について、その分類や特徴付けを通して本質的な理解を与え、単独方程式でない方程式系特有の新しい零構造を見出し、解の漸近挙動と結びつけた理論体系を構築した。特に、多重伝播速度や質量共鳴を持つ零構造が、解の長時間的挙動に与える影響を散乱理論の枠組で記述した功績は優れている。

これらの研究業績の一部は、砂川秀明氏、久保英夫氏、小澤徹氏らとの共同研究によるものである。特に、二次元空間における二次のクライン・ゴールドン系の零条件を、質量共鳴との関連で代数的に完全に特徴付け、代数的正規型の方法に基づいてエネルギー散乱理論を構築した業績は顕著である。

このように、片山聡一郎氏の非線形双曲型偏微分方程式系の零構造の研究は、世界的な業績であり、日本数学会解析学賞に誠に相応しいものである。

受賞者：小池茂昭 (東北大学大学院理学研究科教授)

受賞題目：完全非線形楕円型・放物型偏微分方程式の L^p 粘性解理論

英文題目：Theory of L^p -viscosity solutions for fully nonlinear elliptic and parabolic partial differential equations

受賞理由：小池茂昭氏は非線形偏微分方程式における広義解の一種である粘性解に関する研究にその黎明期より取り組んできた。Świąch 氏との共同研究において、Caffarelli らによって導入された L^p 粘性解を用いて完全非線形楕円型・放物型偏微分方程式に対する Aleksandrov-Bakelman-Pucci 型最大値原理 (ABP 最大値原理) を示し、次いで Harnack 型不等式を証明することにより、 L^p 粘性解に対する Hölder 連続性評価を確立した。さらにそれを基礎に、係数や低階項への条件をほぼ限界にまで拡張して最終的な正則性理論を整備した。



これらの成果は超函数を基盤として確立された準線形楕円型偏微分方程式の正則性理論を完全非線形楕円型方程式に拡張し、最終的に L^p 粘性解を経由して正則性理論を整備したことにあたる。一般に L^p 粘性解は連続な粘性解より解の性質が良くなるために、偏微分方程式としての係数や低階項に対する制限が緩和される。小池氏は2階主要部の問題に対する低階項や、主要部と同等な解の微分の二乗臨界項に対する係数の正則性を緩和し、確率微分方程式の可解性や数理ファイナンス等への応用に道を開いた。例えば、Pucci 作用素に対応している確率過程である G -ブラウン運動の構成とそれに基づいた確率微分方程式の可解性に小池氏の研究は大きな影響を与えるものであり、これらの方面の研究が大きく進展することに寄与している。

また Lévy 過程に関連した分数べきラプラシアンに関わる完全非線形放物型問題に対する粘性解理論を構築し、優れた成果を挙げた。これらの成果は十分一般的な係数に対する確率過程論やその制御問題への応用に道を開くなど大きな影響を与える成果である。

以上のように、小池茂昭氏の研究は粘性解理論を基にした、完全非線形問題の正則性理論の一般化や数理ファイナンス理論、ゲーム理論、微分幾何学的諸問題への高度な応用が見込まれ、様々な分野に影響のある優れた業績を挙げており、日本数学会解析学賞に誠に相応しいものである。

受賞者：笹本智弘 (東京工業大学理学院准教授)

受賞題目：非平衡確率力学系の厳密解による研究

英文題目：Studies on nonequilibrium stochastic dynamical systems by exact solutions

受賞理由：笹本智弘氏の研究は、数理物理学、確率論、可積分系など広範囲な分野にわたるもので、近年は相互作用粒子系や界面成長模型等の確率モデルにおける揺らぎの解析を、厳密解を求めることにより行っている。中心極限定理が揺らぎを記述し、その普遍的な極限分布



としてガウス分布が現れることはよく知られている。笹本氏の研究は、KPZ スケール則、KPZ 普遍性とよばれる中心極限定理とはまったく異なる極限定理について探るものである。

笹本氏は、Spohn 氏と共同で、KPZ(Kardar-Parisi-Zhang) 方程式とよばれる一種の確率偏微分方程式について特殊な初期条件の下で厳密解を求めることにより、揺らぎが時間の $1/3$ 乗のオーダーであり、ランダム行列理論で知られていた Tracy-Widom 分布が極限分布として現れることを示した。この研究が契機となって KPZ 方程式の研究は新たな段階に入り、Hairer 氏のフィールズ賞受賞を生むきっかけともなった。この方程式は、非線形項と時空ホワイトノイズとよばれる確率項の非協調性により、数学的に意味のある解を持たず、非線形項からの発散の除去、いわゆる繰り込みの操作が不可欠になる。

また、今村氏とともに KPZ 方程式の定常状態における界面の高さ分布の厳密解を求めた。さらに、O'Connell-Yor モデルとよばれる有限温度ポリマー模型において行列式構造を見出した。Borodin 氏、Corwin 氏らとは、 q -ボゾン粒子系、 q -Hahn 粒子系の生成作用素とその固有関数を調べ、Plancherel 型の定理を示すことにより、双対性を用いて q -TASEP とよばれる一般化排他過程について、それらの分布を特徴付けるモーメント公式を得た。Spohn 氏とは、非対称な反射型相互作用を持つブラウン運動粒子系の研究を行い、双対性を用いることにより、カレントの母関数がフレドホルム行列式の形に書けることを見出した。Redig 氏らとは、量子群に関連する代数的構造を用いることにより、自己双対性を持つ非対称相互作用粒子系の構成を行っている。

以上のように、笹本智弘氏の研究は多岐にわたり独創性は際立っている。国際的な評価も極めて高い。その優れた業績は日本数学会解析学賞に誠に相応しいものである。

(2016 年度日本数学会解析学賞委員会 委員長 舟木直久)