

## 授賞報告

### 2024年度日本数学会解析学賞授賞報告

2024年度（第23回）日本数学会解析学賞の受賞者が決まり、授賞式が2024年9月5日大阪大学での日本数学会秋季総合分科会において執り行われました。

今年度の日本数学会解析学賞委員会の構成は、小池健一、後藤竜司（担当理事）、貞末岳、柴田徹太郎、高橋太、高山茂晴（委員長）、種村秀紀、和地輝仁の8名です。受賞者とその授賞題目、授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：田中仁（筑波技術大学障害者高等研究支援センター 講師）

授賞題目：直積型分数冪積分作用素の重み付きノルム不等式や掛谷問題に関連する最大作用素などの実解析学的研究

英文題目：Harmonic analysis on weighted norm inequalities for product fractional integral operators and intensive research related to the Kakeya problem



授賞理由：田中仁氏は、実解析学の分野において30年に亘って目覚ましい成果を挙げ続けてきた。最近5年間に亘る成果も極めて目覚ましい。長らく懸案であった問題を解決したり、自身の以前の研究を深化させたり、また、多くの共同研究者と共に成果を挙げてきた。モーリー空間論を深化させた研究、ポテンシャル論に由来する研究などもあるが、以下では、(1) 初期からの研究（掛谷問題と関連する最大作用素）、及び、(2) 最近の主たる研究（直積型分数冪積分作用素の重み付きルベーク空間上の有界性）について詳述する。

(1) 「掛谷集合」に関する掛谷問題では、猪狩惺氏、BourgainやWolffらの研究に影響を受けつつ、適切な最大作用素の探索と付随する重み関数を伴うFefferman-Stein型の不等式の研究を精力的に行ってきた。幾何学的な「掛谷的複雑さ」を表現する数学的手段の不足を補うべく、一貫してこの問題に取り組んできた。

(2) Fefferman-Steinに始まる「直積空間上の実解析」の分野では、Sawyer-Wheedenが示した分数冪積分作用素に対する重み付きノルム不等式の「自然な直積版」を与えることに成功した。重み関数を用いて、cube の直積であるrectangle の

大きさをcubeの2進分割を考慮に入れながら測るという、幾何学的にも興味深い条件を与えた。更に、藪田公三氏との共同研究で与えられたCarleson型の埋め込み定理の直積版を考えた。関数と重み関数のペアに対して特別なcubeの集合を定義し、帰納法を用いて埋め込み定理の直積版を考えたのである。

以上のようなことから、田中仁氏は、特に実解析学の分野の発展に対して多大な功績を産出し続けた屈指の功労者であり、その貢献度の大きさから、日本数学会解析学賞を授与されるに相応しい研究者であると断言できる。

受賞者：内藤雄基（広島大学大学院先進理工系科学研究科教授）

受賞題目：球対称解をコアとする非線形楕円型・放物型方程式の精密解析

英文題目：Precise analysis of nonlinear elliptic and parabolic equations with spherically symmetric solutions as the core

受賞理由：内藤雄基氏は、非線形の楕円型および放物型偏微分方程式の研究において、球対称解などの不変性をもつ解を主軸に据えた研究により卓越した成果を挙げている。非線形偏微分方程式の解構造は、様々な特性が絡み合うため一般に複雑であり、その本質の解明は容易ではない。しかし、方程式がもつ対称性やスケール不変性に注目することで、球対称解や自己相似解などの特別な解が現れ、問題は単純かつ本質的なものへと帰着される。内藤氏は、常微分方程式の手法を用いた解析により、球対称解や自己相似解などの特別な解の性質を精密に捉えるとともに、それらが解全体の構造に及ぼす影響を明らかにすることで多数の決定的な成果を挙げている。

非線形楕円型方程式に対する境界値問題では、特異解が分岐構造を特徴付けるなど重要な役割を果たす。しかし、特異解の性質は非線形項と密接な関係があり、個々の問題に応じた考察が必要となる。内藤氏は宮本安人氏との共同研究において、非線形項の具体形を仮定しない広範なクラスの非線形問題に対して、球対称特異解の存在と、多くの問題において未解決であった一意性を証明し、さらに正則解の特異解への漸近的収束性を示している。また、内藤氏は非線形放物型方程式のCauchy問題に対して、解が有限時刻爆発するための初期関数の最適な減衰条件を自己相似解の解構造から導くとともに、自己相似解が複数個存在する場合の、それらの役割を特徴付けるなど、解の特異性と自己相似解の解構造との関連性を明らかにしている。一方で、Keller-Segel系に関連する研究でも、球対称解の時間大域存在と有限時刻爆発の定常解による特徴付けや、鈴木貴氏、仙葉隆氏との共同研究に



よる自己相似解の存在やその性質など重要な成果を得ている。これらの業績はまことに顕著であり、日本数学会解析学賞に相応しいものである。

受賞者：福島竜輝（筑波大学数理物質系 教授）

授賞題目：ランダム媒質から誘導される複雑な系上の統計力学モデルの解析

英文題目：Analysis of models in statistical mechanics on disordered media induced from random environment

授賞理由：確率論は統計力学との関わりも深く、近年でも統計力学に由来する問題に双方の研究者が取り組んでいる状況である。福島竜輝氏は統計力学モデルの中でも特にランダム媒質中で発展するモデルについて数々の結果を与えている。



ランダムなポテンシャル項を持つシュレディンガー作用素に対応する拡散方程式を考えると、この解はFeynman-Kacの公式によりブラウン運動を用いて明示的に表現できる。例えばポテンシャルが正の無限大の値を取るとき、この表現は障害物に衝突すると即座に死滅するようなブラウン運動という統計力学モデルに対応している。このような死滅時間を持つブラウン運動の解析はランダムシュレディンガー作用素の固有値の解析との関連で、1970年代から盛んに研究されてきた。特に1990年代ごろはE. Bolthausen氏やA. S. Sznitman氏といった研究者が多くの結果を与えた。

福島氏の研究は多岐に亘っておりすべてを説明し尽くすことは困難であるが、近年の代表的なものとしてはJ. Ding氏, R. Sun氏, C. Xu氏らとの共同研究のランダム環境中のランダムウォークの挙動に関するものが挙げられる。福島氏らはランダムシュレディンガー作用素の固有値の詳細な解析などを行うことで固定したランダム媒質中で生存すると条件付けたランダムウォークに関する局所極限定理を与えることに成功し、Sznitman氏による局在化の結果を大きく進展させている。またランダム媒質に関する平均をとることで自己吸引的なランダムウォークが、ある大きさの球を埋め尽くすというball coveringに関する未解決問題も解決している。この解析ではランダム媒質ではないモデルの問題をランダム環境中のランダムウォークに帰着させる手法で行ったことは非常に興味深い。

その他、ランダム媒質中のディレクティブブラウン運動やランダムな風景の中のランダムウォークなど多様なモデルに対して研究を行っている。これらは解析学賞に相応しい優れた研究業績である。

(2024年度日本数学会解析学賞委員会)