

佐々田槇子氏の第3回（2021年度）輝く女性研究者賞 （ジュン アシダ賞）受賞に寄せて

早稲田大学理工学術院
舟木 直久

佐々田槇子さんが、「輝く女性研究者賞（ジュン アシダ賞）」を受賞されました。おめでとうございます。学生の頃から接してきた者として、大変うれしく思います。

この賞は、科学技術振興機構（JST）が女性研究者の活躍推進を目的とし、芦田基金の協力を得て2019年に創設したもので¹、対象は原則40歳未満²の女性研究者となっています。数学関係の受賞者としては佐々田さんが初めてで、受賞理由は以下の通りです。

佐々田氏は、一見統計物理や確率論と無関係の代数学や幾何学理論を用い、原子や分子などで構成される系が従うマイクロ法則から温度や密度など系のマクロな振る舞いを説明する、新しい理論の構築を行っている。

研究以外の社会貢献においても、ホームページ「数理女子」の開設や確率論の動画公開、講演会などのアウトリーチ活動を積極的に行っている。また、国際数学連合のCWM（Committee for Women in Mathematics）のアンバサダーを務めるなど、数理科学分野の女性の育成に尽力している。

統計物理に動機付けられた確率論の研究は、Fields賞の連続受賞に見られるように近年注目を集めています。佐々田さんの主な研究テーマは流体力学極限やその揺動問題です。今回の賞は、非勾配型とよばれる大規模な相互作用系³に対して流体力学極限を証明する際に基本となるVaradhanの分解定理⁴について抽象的な定式化を行ったことに対して与えられました。この定理は、配置空間とよばれる無限次元空間上のHodge理論と言ってもよいかと思います。流体力学極限によって得られる非線形偏微分方程式の拡散係数はGreen-久保の公式、つまりカレント-カレント相関関数の時空総和によって与えられることが物理では知られています⁵が、これに数学的に厳密な証明を与えるには

¹JSTは同時に、機関に対して「輝く女性研究者活躍推進賞（ジュン アシダ賞）」さらに個人に対して「輝く女性研究者賞（科学技術振興機構理事長賞）」を授与している。

²ライフイベント等による研究活動休止期間を勘案することです。

³一般に勾配型の方が特殊で、実際には離散型ではほとんどの相互作用系は非勾配型になる。

⁴谷口シンポジウムのProceedings, Pitman Res. Notes Math. Ser., vol. 283, 1993の論文にある。

⁵H. Spohn, Large Scale Dynamics of Interacting Particles, Springer, 1991 あるいは 岩波講座 現代物理学の基礎 [第2版] 5 統計物理学, 1978 参照

多くの困難を伴います。Varadhan 氏（クーラン研究所）はこの公式を変分公式の形で定式化し、分解定理はそこで現れます⁶。

話は少しそれますが、流体力学極限という呼び名は誤解を生むこともあるので説明を加えておきたいと思います。これは時空のスケール極限の一種ですが、確率論では、マクロな時空の点ごとにミクロに局所平衡状態が実現され、その下で局所的なエルゴード性による平均化が起きるという事実が背後にある場合に限って用いられます。Boltzmann 方程式から Hilbert 展開あるいは Chapman–Enskog 展開により流体の方程式系を導く際に基本となるのは、時空の点ごとに速度場が Maxwell 分布つまり平衡状態に到達しているという事実です。粒子系などの相互作用系は Boltzmann 方程式よりさらにミクロな時間発展の系として位置づけられますが、平衡状態が時空とともに変化していくという構造は同じです。名付け親の 1 人 Presutti 氏（ローマ第 3 大学、現在はグランサッソ科学研究所）からは 1981 年の論文（Galves, Kipnis, Marchioro 各氏との共著、CMP）でこのような構造を見出し、名前を付けた方が良かったらうということになり Hydrodynamic limit と命名したと聞きました。このような極限操作により得られる非線形偏微分方程式が流体の方程式とは無関係な場合にも、確率論ではこの呼び名が用いられます。

さて、Green–久保の公式を変分表示する際に無限直積空間上の閉形式が現れます。それを完全形式（シフト不変な部分）と保存量に対応するシフト不変でない部分に分解するのが Varadhan の分解定理です。ただ、それらは形式的な無限和を含む厄介な物です。その考察はこれまではモデルごとに行われており、流体力学極限の証明を完結するにはさらに多くのステップを経る必要があります。研究者たちからは敬遠される傾向にありました。しかし、ほとんどのモデルが非勾配型という事実が変わりはありません。

佐々田さんは坂内健一氏（慶應義塾大学）、亀谷幸生氏（慶應義塾大学）との共同研究で、モデル依存ではない抽象理論を作り、それを未解決問題へ応用することを目指しました。抽象化の過程で、幾何学的議論（配置空間のグラフ構造、局所一様有界コホモロジーという概念の導入）、対称性に関わる議論（平行移動などの群作用、三角格子や六角格子などの結晶格子上のモデルへの拡張）、確率論的あるいは解析的議論（平衡測度–佐々田さんの場合は系の温度が無限大に相当する直積測度–の下での L^2 の閉形式に対する Varadhan の分解定理の証明）へと切り分け、一般化への方向づけを明確にしました。

佐々田さんのこれまでの研究を振り返ると、非勾配型モデルとしての 2 種粒子系や速度を持つ系から研究を始め、2 次元ヤング図形の時間発展モデル、退化した飛躍率を持つモデル、Olla 氏（パリ・ドフィーヌ大学）と非調和振動子の鎖モデルなどの考察を行い、

⁶Varadhan からは、Spohn に問題を示唆されたのが研究動機になったと聞いたことがある。

関連して粒子系の生成作用素のスペクトルの飛びの研究でも成果を上げてきました。非勾配型モデルの考察ではスペクトルの飛びを得ることが必要になりますが、ある研究者から何とか自分のモデルについて Makiko がスペクトルの飛びを示してくれないかなと話しているのを聞いたことがあります。また、通常とは異なるスケール変換が必要となる異常拡散の問題でも成果を上げています。

最近では、Varadhan の分解定理以外に、箱玉系や他の離散可積分系の確率論的な研究にも注力しています。Croydon 氏（京都大学）らとともに、Pitman 変換を応用し、不変測度、ソリトン分解、流体力学極限の研究を進めました。決定論的な時間発展に対する流体力学極限の研究はほとんどなく、世界的に注目されています。2016 年に Oberwolfach で Pablo Ferrari 氏（ブエノスアイレス大学）の講演を聞いたことが契機になったと思われませんが、東京大学の学部 4 年生のときに可積分系の研究室にいたことも影響したのではないかと思います。

なお東大数理では、大学院修士課程合格後の指導教員を決めるため、希望する教員と協議する期間を設けています。佐々田さんは私の研究室を訪ねてくれたのですが、大学院の入試で面接を行ったこともなくどのような学生かわからなかったため、もう一度よく考えてくださいとその場は帰ってもらいました。その後もう一度訪ねてくれたので受け入れを決めたのですが、今ではこの分野に参入してもらい大変良かったと思っています。

佐々田さんは 2019 年 4 月から 2021 年 1 月の間、ニューヨークに滞在しました。Varadhan 氏や Corwin 氏（コロンビア大学）らと接し、コロナ禍の時期と重なったにもかかわらず、大変有意義な滞在となったようです。

受賞理由の後半に述べられている社会貢献においても、多くの活動をされています。ホームページ「数理女子」⁷ を開設し、そこには現在でも月に 1, 2 本のペースでオリジナルの記事が掲載されています。また、女子小中学生とその母親を対象とした母娘のための数理ワークショップ「数理女子ワークショップ」を上記の海外出張に出かける以前は、年に 1, 2 回のペースで開催しておられました。さらに、これらの活動を通して培った多くの女性研究者らとのネットワークを通して、東京工業大学での日本数学会年会、および東京の EU 大使館での女性数学者の写真展の開催⁸ へと繋ぎました。このような機会をとらえて、数学分野の男女共同参画についての現状がわかる統計データを整理し、坂内氏とともにレポートを作成しています。これら一連の活動や経緯等については、国際数学連合の CWM のニュースレターに佐々田さんが寄稿した記事が掲載されています⁹。

⁷<http://www.suri-joshi.jp>

⁸<http://www.suri-joshi.jp/enjoy/portraits-2/>

⁹<https://www.mathunion.org/fileadmin/CWM/Initiatives/CWMNewsletter6.pdf> (pp.15-19)

最近は “Catch-all Mathematical Colloquium of Japan”¹⁰ という談話会を世話人の1人として始めておられます。

このように研究以外の活動も数多くされていますが、それらを結果として研究活動にも繋げ、活かしていることを感じ取ることができます。これは大変素晴らしいことですが、ひとえに佐々田さんの人柄によるところが大きいと思います。

佐々田さんは、現在、確率論の分野で *Annals of Probability* と並んで最も権威のある国際学術誌 “*Probability Theory and Related Fields*” のエディターを務め、同時に “*Annales de l’Institut Henri Poincaré, Probabilités et Statistiques*” のエディターも務めています。また、日本数学会においては学術委員会の委員を務めています。さらに、日本製鉄との共同研究などのプロジェクトも進めています。

2010年に日本数学会賞建部賢弘奨励賞、2011年に日本学術振興会 育志賞、東京大学総長大賞を受賞しています。2011年に東京大学数理科学研究科 博士課程を早期修了した後、慶應義塾大学理工学部 数理科学科を経て、2015年4月に東京大学数理科学研究科 准教授となりました。私生活では2児の母として忙しい日々を送っていることと思います。

佐々田さんの益々の活躍に期待しています。

¹⁰<https://sites.google.com/view/catch-allmathematicscolloquium/home?authuser=0>