

# 笹本智弘氏 Young Scientist Award in Statistical Physics 受賞紹介

種村 秀紀 (千葉大学理学研究科)

笹本智弘氏 (千葉大学理学研究科) が Young Scientist Award in Statistical Physics を受賞され、イタリア・ジェノバで開催された統計物理学国際会議 STATPHYS 23(7/9-7/13) の席上で、ボルツマン賞と並んで授与式が行われました。受賞理由は、「非平衡系のモデルの厳密解とそれに関連した業績」です。この賞は、きわめて顕著な業績を上げた 37 歳未満の研究者に対して International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) C3 (国際純粋・応用物理学連合. C3 は 統計物理学部門) から授与されるものです。今回は第 1 回で、以後 3 年毎に毎回 3 人までの受賞者が選ばれます。同時に授与式が行われた今回のボルツマン賞の受賞者は、Kurt Binder 氏と Giovanni Gallavotti 氏の二名です。ちなみに、これまでの日本人ボルツマン賞受賞者は、故久保亮五氏と川崎恭二氏のお二人です。

笹本氏のこれまでの研究は、1 次元における確率的無限粒子系、特に非対称単純排他過程 (asymmetric simple exclusion process. 以下 ASEP) と呼ばれるモデルや、多核成長モデル (polynuclear growth model. 以下 PNG モデル) と呼ばれる界面成長のモデルに関するものが中心です。ASEP は、1 次元格子上を多数の粒子が体積排除の相互作用の下で非対称なランダムウォークを行うという単純なモデルですが、物理的・数的に興味深い性質を持つ事が知られています。また PNG モデルは近年組合せ論的表現論やランダム行列理論との関連が明らかになり、その性質の理解が急速に進んでいます。これらのモデルは、物理学の方では非平衡統計力学という分野において重要な役割を果たしている一方で、数学における可積分系に関する研究との関係も深いことが明らかになりつつあります。

両端で粒子の出入りを許すような有限格子上の ASEP の不変測度において、無限格子極限をとったときに、粒子の出入りの強さによって相転移現象がみられることがシミュレーションによって報告されていました。1990 年代の初頭に Derrida 等は、totally asymmetric simple exclusion process (TASEP) の場合、つまり粒子が一方向のみに移動する場合に、行列の方法と呼ばれる方法で定常分布の相関関数を具体的に求め、相転移現象について詳しく調べることに成功しました。彼らの結果を一般の ASEP に拡張することはしばらく未解決でしたが、1999 年笹本氏が Al-Salam-Chihara 多項式と呼ばれる  $q$ -直交多項式との関係を見いだして拡張に成功しました [1]。この結果は、粒子の出入りに関して特別な境界条件の場合のものでしたが、さらに 2004 年になって一般的な Askey-Wilson 多項式との関係を明らかにして一般の境界条件の場合にも解析に成功しました [5]。ASEP には粒子は一種類しかないのですが、+ 粒子と - 粒子という 2 種類の粒子が共存するモデルに対しても、Al-Salam-Chihara 多項式の性質を使うことによって、ASEP と同様な手法で解析し、凝縮現象という物理的に興味深い現象を明らかにしました [2, 3]。

無限格子上の ASEP において、時刻 0 から時刻  $t$  までに原点を越えた粒子の個数がどのような確率法則に従うかというような問題は、基本的なものですが、TASEP の場合でもかなり長い間未解決でした。Johansson が 2000 年に、時刻 0 において原点より左側の格子のみに粒子が詰まっているという特別な初期値に関して、この問題が Laguerre unitary ensemble と呼ばれるランダム行列の最大固有値と関係していることを示し、 $t^{1/3}$  でスケールされた極限分布が Tracy-Widom 分布に収束すること証明しました。これは、元々の問題を Young 図形の組合せ論の問題に読みかえることにより得ら

れたものでした。笹本氏は、遷移確率を用いる全く別の方法により同じ結果を再現し、より一般の初期粒子配位に拡張できることを示しました [6]。極限分布は初期値に依存して異なりますが、それぞれがあるランダム行列の最大固有値分布に対応しています。初期値の一般化はこの模型を様々な応用に使う面においても有益な拡張です。

粒子のいる格子といない格子をそれぞれ右上がりと左上がりの斜線に対応づけると、TASEP を PNG 模型 とみなすことができます。PNG 模型を繰り返し重ねた模型を多層 PNG 模型 (multi layer PNG model) といいます。この模型はある種の非衝突過程とみなすことができ、そのスケーリング極限は、Airy 場とよばれる時間的に斉次な無限粒子系に収束することが知られています。笹本氏は、多層 PNG 模型に境界条件をつけた模型を導入し、そのスケーリング極限が、境界からの効果によって時間的に非斉次な無限粒子系に収束することを示しました。さらに、対称性の転移が起こるランダム行列の最大固有値の揺らぎと関係していることなどを発見しました [4, 7]。この研究は、Young 図形のある種の統計集団の確率法則に関する新しい結果をも含むものです。

このように笹本氏は、統計物理学、確率論、組み合わせ論、可積分系などの分野と結びつきのある研究で継続的に業績を挙げられいますが、最近では更に他の分野への興味も広がっている様子です。今後の益々のご活躍を期待しております。

## 参考文献

- [1] T. Sasamoto: One-dimensional partially asymmetric simple exclusion process with open boundaries: Orthogonal polynomials approach, *Journal of Physics A: Mathematical and General* **32** (1999) 7109-7131.
- [2] N. Rajewsky, T. Sasamoto and E. R. Speer: Spatial particle condensation for an exclusion process on a ring, *Physica A* **279** (2000) 123-142.
- [3] T. Sasamoto and D. Zagier: On the existence of a phase transition for an exclusion process on a ring, *Journal of Physics A: Mathematical and General* **34** (2001) 5033-5039.
- [4] T. Sasamoto and T. Imamura: Fluctuations of the One-Dimensional Polynuclear Growth Model in Half-Space, *Journal of Statistical Physics* **115** (2004) 749-803.
- [5] M. Uchiyama, T. Sasamoto and M. Wadati: Asymmetric simple exclusion process with open boundaries and Askey-Wilson polynomials, *Journal of Physics A: Mathematical and General* **37** (2004) 4985-5002.
- [6] T. Nagao and T. Sasamoto: Asymmetric Simple Exclusion Process and Modified Random Matrix Ensembles, *Nuclear Physics B* **699** (2004) 487-502.
- [7] T. Imamura and T. Sasamoto: Fluctuations of the one-dimensional polynuclear growth model with external sources, *Nuclear Physics B* **699** (2004) 503-544.