論文審査の結果の要旨

氏名 今 村 卓 史

本論文では、ランダムな核生成のもとで結晶がどのように成長するかをモデル化した離散 KPZ (Kardar-Parisi-Zhang) モデルにおける界面の形状に関する理論物理学的な方法による解析が与えられている。結晶成長模型は、統計力学の重要な課題の一つで、平衡、非平衡現象の重要なプロトタイプを与え、詳しい研究が進んでいる。また、特に一次元系では界面の形状に関する性質が厳密に解かれる場合が発見され、数理物理の観点からも注目されている。この分野での先駆的な研究として、C.A. Tracy and H. Widom, M. Prähofer and H. Spohn, J. Baik and E, M, Rains, Johansson, 等の研究があり、形状の高さやそこでの一箇所でのゆらぎに関する研究が行われ、さらにいくつかの特別な場合での多点分布関数も調べられて来ている。申請者は、一次元模型において界面の凹凸のゆらぎに関する多点分布関数を行列式の積の形で表現する方法を用い、系が自由境界を持つ場合や半無限の場合、あるいは系の端点で核生成率が異なる場合などについて、多点分布関数を厳密な結果を得ている。ここで用いられる関数形は、ランダム行列理論での GOE,GUE,GSE のそれぞれのタイプの固有値分布で現れるものと数学的に同等な形をしており、それらとの関連についても深い考察を与えている。さらに、今回得られた分布関数のいくつかは、対応するランダム行列がこれまで知られておらず、その方面での新しい知見をひらくものと考えられる。特に、位置の変化に伴って分布の形態が変化する移行形態を調べ、界面の位置によるゆらぎの分布の普遍性の変化を表す具体的な表式を求めることに成功している。

本論文は 7 章からなる。第 1 章は、イントロダクションであり、本論文で扱われている物理の背景、研究の動機、論文全体の概要が述べられている。第 2 章では本論文で扱うモデルとそれが示す物理的現象の説明がなされている。また、本論文で重要な役割をする界面の凹凸のゆらぎに関する多点分布関数を行列式の積の形で表現する方法と、そのランダム行列理論との関係を説明している。第 3 章では、本論文で重要な役割をする多点分布関数を行列式表現に関する詳しい性質を議論し、特に空間が半無限の場合にこれまで求められていなかった具体的な、Fredholm 行列式の導出に成功している。第 4 章では無限系 PNG 模型における高さゆらぎの多点分布関数のスケーリング極限を考察し、端点での核生成率によってゆらぎの性質が定性的

に変わることを、明らかにしている。特に、ゆらぎの性質が変わる GOE^2 点、あるいは F_0 点と呼ばれる点での多点分布関数のスケーリング極限を具体的な Fredholm 行列式で表すことに成功している。ここで明らかにされた、任意の端点での核生成率のもとでの多点分布関数のスケーリング極限はこれまでにない新しい成果である。第5章では、第4章で得た GOE^2 点の周りでのゆらぎの多点分布関数の Fredholm 行列式が、決定論的源泉をもつランダム行列で表されることを発見し、対応するランダム行列理論との関係を明らかするなど、ゆらぎの分布のタイプの変化を厳密に調べ新しい知見を得ている。第6章では、系が半無源である場合に原点の特別な核生成率がある場合について解析している。これらの場合はこれまで解析されていない新しい対象であり、多様なランダム行列に対応していることが発見され、今後の新しい研究の発展の方向を与えるものになっている。第7章では論文の結論が述べられている。

この論文で扱われている分野は 非常に活発に研究されており、研究者たちが新しい成果を競い合っているところであるが、申請者はその中で注目される論文を発表し続けている。特に、行列式の積の形で表せる分布関数に関しては、これまで個別の問題に 即して考えられて来たが、今回の研究では広く一般の場合を研究することにより、一般的に行列式の積の形で表せる分布関数という新しい研究の方向性に道をひらいたといえる。これらの成果を審査委員会として高く評価した。

なお、本論文第3、4、5、6章は笹本智弘氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を進めたもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

論文は意欲的かつ丁寧に書かれており、本研究テーマに関する詳しい背景説明と申請者の独創的な成果を含んでおり、理学学士の学位論文として合格と認められる。したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。