



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Evolution of the Non-Linear Density Fluctuations in the Expanding Universe-Two-point Spatial Correlation Function and its Self-Similarity - |
| Author(s)    | 矢野, 太平  |
| Citation     | 大阪大学, 1999, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3155137">https://doi.org/10.11501/3155137</a>   |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|               |   |
|---------------|---|
| 氏 名           | 矢 野 太 平   |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (理 学)   |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 4 3 8 5 号   |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成11年 3 月 25 日  |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当<br>理学研究科物理学専攻  |
| 学 位 論 文 名     | Evolution of the Non-Linear Density Fluctuations<br>in the Expanding Universe<br>-Two-point Spatial Correlation Function and its Self-Similarity-<br>(膨張宇宙での密度ゆらぎの進化－2点相関関数とその自己相似性－) |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 佐々木 節<br><br>(副査)<br>教 授 高原 文郎    教 授 宮下 精二    助教授 郷田 直輝<br>助教授 林田 清  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

現在、我々の宇宙に存在する大規模構造が、どのようにして形成されてきたかということは宇宙論の最重要課題のひとつである。これは、銀河形成といった他の分野の基礎にもなっているし、また、純粋に自己重力多体系の物理としてみても興味深い。そこでこの構造形成を研究することは急務であると思われる。構造形成の標準的シナリオとしてのヒエラルキカルクラスタリングの描像では宇宙の初期にほとんど一様に存在する物質にわずかに存在している密度揺らぎが重力不安定により成長し、初めに小さなスケールでのクラスターが形成される。その後これらの小さなクラスターがまたより集まって大きなクラスターを形成し、さらにそれらがより集まってより大きなクラスターを形成するというように階層構造が形成される。このように形成された宇宙の構造を定量的に扱う指標として、2点相関関数があるが、この2点相関関数についての解析が過去にいろいろなされている。BBGKY方程式を用いての2点相関関数の解析の先駆者としてのDavis & Peeblesは非線形領域で宇宙膨張からきた物質の2粒子間平均速度が0となるという安定条件を仮定し、また線形領域から非線形領域にわたって、1つのスケールでスケールリングできるという自己相似を仮定すると、非線形領域での2点相関関数のベキ指数が初期パワースペクトルのベキ指数の関数としてあらわされることを導いた。また、Gouda & Nakamuraでは、初期条件としてパワーローにカットオフスケールがはいった初期条件で始めた場合、初めて密度の発散、つまりコースティックが発生した後、カットオフスケールよりも小さなスケールでは2点相関関数のベキ指数が初期条件によらず0になることをカタストロフィー理論から示した。このように2点相関関数のベキ指数に関して様々なことがいわれているがこれらは互いにどういった関係にあるのか明らかにされていない。そこで、これらの関係がどのようにになっているのか、また2点相関関数のベキ指数は他の3点相関関数やスキューネスといった物理量とどのように関係しあっているのかを調べた。また自己相似が成立すれば、非線形領域でのベキ指数が初期パワースペクトルのベキ指数の関数として書けたり、また2点相関関数の成長率なども完全に理解できる。ということで、自己相似性が成立するかどうかというのは非常に重要な問題である。そこで、自己相似が成立するかどうか調べた。結果、2粒子相対速度と2点相関関数、3点相関関数、スキューネスの関係を明らかにし、BBGKY方程式を満たす様々な解を導いた。さらに解の安定性の観点から2点相関関数のベキ指数に制限が与えられるかどうか調べたが、スキューネスが0の場合では解が不安定であることはなかった。最後に自己相似性について調べたが、初期条件がスケールフリーの場合では自己相似性が成立し、初期条件にカットオフスケールがある場合そのスケールよりも小さなスケールまで含めると自己相似が成立しないことがわかった。

## 論文審査の結果の要旨

銀河や銀河団などの宇宙の大域的構造形成は宇宙論の最も重要な課題の一つであるが、その理解のためには膨張宇宙における重力多体系の動力学とその統計的性質を正確に把握することが必要不可欠である。本論文では膨張宇宙における密度揺らぎの進化に関して、2点相関関数などの統計量が非線形領域でどのような性質を持っているかをBBGKY方程式を用いて解析を行ない、様々な物理量の諸関係を導いた。特に、空間1次元という単純化の下ではあるが、最終的な非線形的密度揺らぎのスペクトルは、宇宙初期の揺らぎの初期条件に依存している部分と依存しない部分があり、それらがどのように決定されるかを、世界で初めて明確に示した。これによって、これまで不明瞭であった相関関数の時間発展に関する一般的性質の理解が相当に進んだ。

本論文の結果は、大域的構造形成のみならず、星団や星形成といった他分野の課題の基礎をも与えるものであり、宇宙物理学全般に大きく寄与するものである。また、純粋に自己重力系の統計物理学的成果としても、有意義なものである。

以上の理由から、本論文は博士（理学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。