



野尻伸一教授

\*野尻伸一 教授 *Shin'ichi Nojiri, Prof.*  
 南部保貞 准教授 *Yasusada Nambu, Assoc. Prof.*  
 柳 哲文 助教 *Chul-moon Yoo, Assist. Prof.*

重力は最も昔から知られている自然界の相互作用ですが、古典論として重力を記述する一般相対性理論の多大な成功にも関わらず、量子論としては全くというほど理解されていません。自然界の基本的な相互作用には、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用、重力相互作用の4つがあります。最初の3つの相互作用を場の量子論で記述することは可能ですが、重力相互作用は非常に異質で、対応する場の量子論が分かっておりません。一般相対性理論に基づいて量子論を構成しようとしても、繰り込みが出来ない等の困難があります。現在重力の量子論となる可能性のある理論は素粒子とその相互作用の統一理論の候補でもある超弦理論と考えられています。超弦理論は10次元の理論ですが、実際に観測される時空の次元は4次元なので、これを説明するために「コンパクト化」や「ブレーン世界」のシナリオが考えられています。当研究室では一般相対論ならびに重力を含む素粒子とその相互作用の統一理論の候補である超弦理論などの高次元重力理論の研究を行い、初期宇宙のインフレーションや現在の宇宙の加速膨張などの宇宙論的問題ならびにブラックホールなどの強重力下での現象の解明を目指すとともに、重力理論そのものの性質に対して観測等から手がかりや制限を見出すことを目標としています。以下、

最近の研究内容をテーマ別に紹介します。

**暗黒エネルギー**：当研究室のテーマのひとつは暗黒エネルギーです。宇宙マイクロ波背景放射の観測により宇宙が平坦だということが分かりましたが、宇宙が平坦であるためには宇宙の平均密度が臨界密度 ( $10^{-29}\text{g/cm}^3$ ) 程度ないとはいけません。ところが、恒星や惑星、星間物質などの通常の物質はその4%しかなく、暗黒物質も23%程度しかないといわれています。そうすると、残り70%の何か未知の物がなければならず、これを「暗黒エネルギー」と呼んでいます(図1)。一方、超新星等の観測により宇宙が50億年ほど前より加速膨張していることが明らかになりました。このことから暗黒エネルギーが大きな負の圧力を持っていないと分かります。当研究室では具体的な暗黒エネルギーのモデルとして、様々なものを研究していますが、これらの研究から超弦理論などの高次元に由来する理論についての手がかりを得ることを目指し、そのような理論の実験や観測による検証の手段を探っています。

また、素粒子論的な暗黒エネルギーのモデルを用いた解析とは全く対極的な試みとして、宇宙の非一様性による反作用効果ならびに距離への影響に基づいて、暗黒エネルギーの導入に必要である宇宙の加速膨張を説明する試みも検討しています。

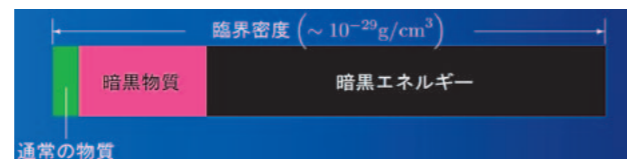


図1：宇宙の中で通常の物質、暗黒物質、暗黒エネルギーの密度の割合

**宇宙の非一様性**：宇宙の非一様性が重力相互作用を通して、宇宙全体のダイナミクスや観測に及ぼす影響についての研究を行っています。特に、一様等方宇宙の中の微小な揺らぎとしては扱えないような非一様性の影響に注目しています。

例えば、我々が宇宙論的スケールの非一様性の中心にいる場合を考えましょう。我々はその非一様性を外から眺めることができません。このような、我々を中心とした球対称な非一様性は観測的にとらえにくく、ほとんどの場合、存在しないものと仮定します。しかし、このような非一様性も存在すれば、暗黒エネルギーの存在量など、重要な物理量を誤って見積もってしまうことが知られています。当研究室では、このような非一様性の影響を理論的に詳しく調べ、有効な観測的検証の手段を探っています。

もう一つ我々が注目している非一様性は局所的で非線形な非一様性です。宇宙に存在する銀河団よりも小さな非一様性は密度分布が非線形であり、一般的な線形摂動では扱えません。このような非一様性の存在が宇宙の大局的な膨張に与える影響や重力レンズ効果を通して観測に与える影響についての研究を行っています。

**時空と量子論**：種々の物理現象は時間と空間という器の中で引き起こされますが、重力場はその器の形状自体を変化させます。重力の量子論はこの変化する時空の形状を足し合わせることによって得られると考えられています。このような足し合わせを実現する手法として時空を単体に分割し、その形状について足し合わせるという「単体分割」があります。この手法を使い、重力の量子論としての性質を明らかにする研究を行っております(図2)。

宇宙初期において量子論が重要となる現象としてはインフレーション膨張があります。これは、現在の我々の宇宙の構造の源である原始ゆらぎを量子的に生成するメカニズムを提供します。量子論的に作られたゆらぎがど

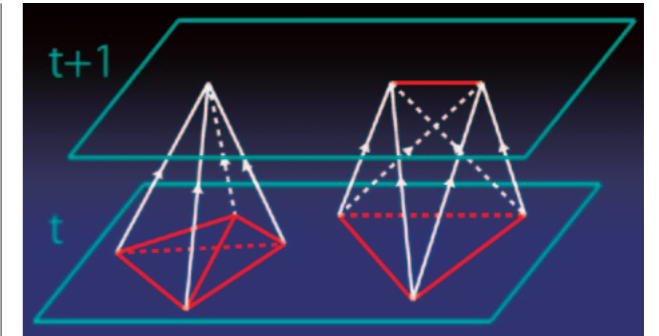
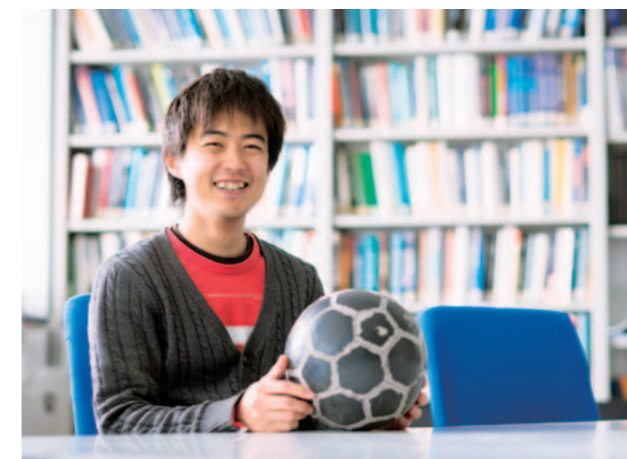


図2：時空の単体分割

のように進化することで現在の宇宙における古典的な構造につながるかを、量子相関(エンタングルメント)の側面から解明する試みを行なっています。

一般相対論の予言するブラックホールでは、古典論においてはその地平線の内側に落ち込んだものは二度と出てくることはできません。ところが、量子論の効果を取り入れると、ホーキング輻射という熱輻射と非常によく似た現象が起こり、ブラックホールがエネルギーを失っていくと考えられています。ブラックホールの類似モデルである音速点を持つ流体系での量子的励起モードの性質を調べることで、この量子過程の原理的な性質の解明を試みています。

**ブラックホールの天体現象**：活動銀河のような活発な高エネルギー現象を示す天体の中心部には、太陽の1億倍にも達する超巨大質量のブラックホールが存在すると予想され、その周辺部には多量のプラズマが集積し、強重力と強磁場の影響の下でX線輻射やジェット流噴出を引き起こしていると考えられています。このような天体における一般相対論効果の機能を明確にし、観測との比較によってブラックホールの存在と役割を検証しようとしています。



柳哲文助教



QG研の大学院生

<http://qg.phys.nagoya-u.ac.jp/>

\*連絡先 nojiri@gravity.phys.nagoya-u.ac.jp FAX 052-789-2932

教授：1/准教授：1/助教：1/PD：3/DC：8/MC：8