

私たちの天体核研究室では天体核物理学に限らず、宇宙全体から銀河や星に至る宇宙の様々な階層構造の起源と進化に関する理論的研究を行っています。

全体をおおまかに宇宙論、重力、宇宙物理学の3つに分けることができますが、これらは相互に関連しており、横断的に研究している構成員も少なくありません。

他の研究機関と合同でのゼミや共同研究なども盛んですが、特に基礎物理学研究所宇宙グループとは密接に協力しつつ活動しています。

以下に私たちの研究の一部を簡単に紹介いたします。

宇宙論

宇宙論とは、宇宙そのものの来し方行く末を明らかにしようとする研究領域です。

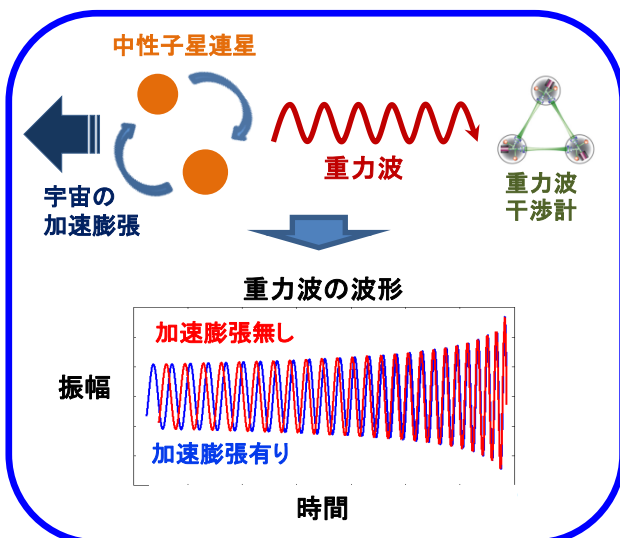
その現代的な研究は1920年代の一般相対性理論に基づいた膨張宇宙論にはじまりました。1940年代にはビッグバン宇宙論が提唱され、高温高密度の初期宇宙の名残として軽元素の生成の説明と宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の存在の予言に成功しました。1980年代にはインフレーション理論が登場し、宇宙最初期の加速膨張により現在の宇宙の持つ高い平坦性、一様性に合理的な説明がもたらされたと共に、星や銀河といった構造の種としての原始揺らぎの性質についての予言が与えられました。このように構築されてきた宇宙理論と、現在までに得られた種々の観測的証拠によって、「標準宇宙モデル」(一様かつ等方であって通常の物質に加えダークマターと宇宙項とから構成される宇宙モデル)は既に確立されたかにみえます。

しかしその一方で、現在進められている、あるいは将来予定されている様々な観測実験は、これまでの「常識」に対する精密なレベルでの検証を可能にし、今まで顧みられることのなかった理論に光をあて、私たちが新たな宇宙の描像を創造することを可能にしてくれます。

たとえば、時空のさざなみである重力波の宇宙探査機による観測が挙げられます。中性子星連星からの重力波の波形に対する宇宙の加速膨張の影響を解析することによって、この加速膨張が宇宙項等によるものか、もしくは宇宙の非一様性による見かけ上のものなのかを明らかできることがわかりました。また、重力波を用いれば一般相対性理論よりもより「一般」の重力理論に対して精密な検証を行うことができます。

あるいはCMBの偏光の観測は、私たちの等方的宇宙観を改め、インフレーションの由来に迫る端緒となるかもしれません。ある種のインフレーションモデルにおいては、従来の理論と異なり統計的な非等方性をもつ原始揺らぎが生成され、これがCMBの偏光の特徴的な相関パターンとして将来の観測により検証されることがわかりました。

天体核研究室では、このような最新の観測を想定したものはじめとして、幅広く宇宙論の研究がおこなわれています。



重力波による宇宙の加速膨張の検証

宇宙の加速膨張の有無が中性子星連星からの重力波の波形に反映される。

重力

重力を記述する基礎理論である“一般相対性理論”は、アインシュタインによって100年程前に提唱されました。一般相対性理論はアインシュタイン方程式によって記述される理論ですが、この方程式はニュートン重力理論では見られなかった非常に興味深い解を持ちます。それは“ブラックホール”です。ブラックホール解も最初の発見から100年が経とうとしていますが、未解決な問題も数多く残されていて魅力的な研究対象です。

また近年、超紐理論などの高次元時空の理論に動機付けられて高次元時空における重力理論も盛んに研究されています。我々天体核研究室では、様々な角度から4次元および高次元時空でのブラックホールや重力理論について研究しています。いくつか例をあげると、通常ブラックホールは重たい星の重力崩壊によって作られると思われていますが、どのような条件のもとで形成されるのかという“ブラックホールの形成問題”の研究。現在までに様々なブラックホール解が見つかっていますが、どのような解が許されどのように特徴付けられるかを調べる“ブラックホールの分類問題”の研究。現実にはブラックホールが存在するなら摂動に対して安定でなければいけません、その“ブラックホールの安定性”に関する研究など様々です。

ブラックホールに興味がある方、数学的なことが好きな方、ぜひ一緒に研究しましょう。

ブラックホール (BH) の分類問題の例: 多様な高次元ブラックホール解



black string

4次元シュバルツシルド解
を高次元に引き延ばした解



black ring

(Reall and Empanan,2002)

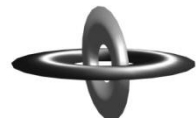
ドーナツ型のBH



black Saturn

(Elvang and Figueras,2007)

black ringの中に
丸いBH



orthogonal black di-ring

(Izumi,2008)

black ringの中に
直交するblack ring

© T.Takahashi

宇宙物理学

最新の望遠鏡を使って宇宙を覗くと、そこには謎に満ちた世界が広がっています。

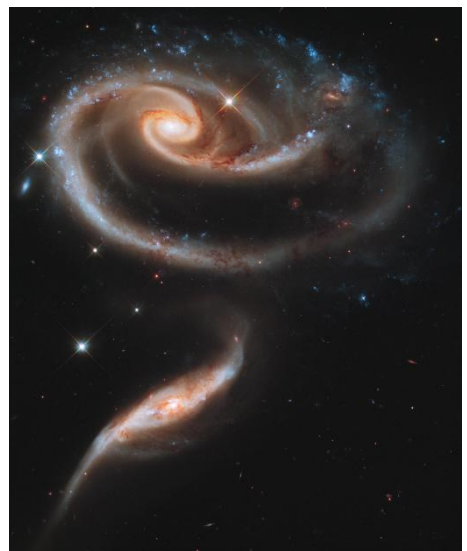
電波や可視光観測の進歩に伴い、星がまさに生まれようとしている現場や宇宙が始まって間もない頃にできた銀河、私たちの太陽系とは別の惑星系などを詳しく調べることが可能になりました。しかし、それらは私たちが想像もしなかった姿をしていて、惑星・恒星・銀河形成の歴史にはいまだに多くの謎が残っています。

電磁波(γ線, x線, 可視光, 赤外線, 電波)による観測は、宇宙最強の爆発現象であるガンマ線バースト、銀河中心にある超巨大ブラックホールからのジェット放射、宇宙最強の磁場を持つ中性子星=“マグネター”が起こす巨大フレア、宇宙最初の星・銀河形成など数々の興味深い天体現象の存在を明らかにしました。しかし、こうした現象の多くは詳細なメカニズムが不明のままです。

近い将来、ニュートリノや重力波といった次世代の観測チャンネルによって、新たな発見、新たな謎がどんどん出てくることは間違いありません。ワクワクするような研究テーマが宇宙にはゴロゴロ転がっているのです。

天体核研究室では、天体現象の解明に向けた理論的研究を行っています。宇宙に存在するあらゆる天体、あらゆる現象が研究の対象です。宇宙物理学は、力学、電磁気学、熱統計力学、流体力学、量子力学をはじめ、相対性理論、素粒子物理学、原子核物理など、あらゆる物理学の知識を総動員するという挑戦し甲斐のある研究分野です。

私たちの太陽系や系外惑星系がどのように形成されたのかを明らかにしたい！宇宙で最初に生まれた星はどのような姿をしているのを知りたい！ガンマ線バーストのメカニズムを解明したい！重力波/ニュートリノを用いてブラックホールや中性子星の物理を探りたい！などなど。このような方はぜひ天体核研究室と一緒に研究しましょう！



銀河間の相互作用
(衝突銀河 Arp 273)

image from www.nasa.gov/mission_pages/hubble/
[NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)]