

東京大学国際高等研究所
数物連携宇宙研究機構

L'UNIVERSO È SCRITTO IN LINGUA MATEMATICA

宇宙は数学という言葉で書かれている

16世紀から17世紀にかけた宇宙論の黎明期に生きたガリレオが残した言葉です。

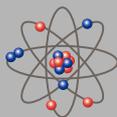
現在私達に突き付けられているとてつもなく大きな疑問に立ち向かうIPMUの取るべき戦略を端的に示唆する言葉です。

IPMUは最先端の数学と物理学を結集して宇宙の謎に迫ります。
新たな戦略のもとに新たな研究が展開されています。

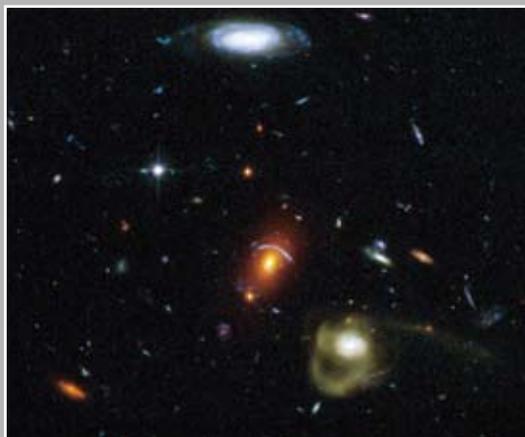
私達の宇宙は大きな謎につつまれています。

過去2世紀にわたって私達の宇宙像を支配してきたのは「万物は原子でできている」という基本概念です。量子力学に支配される原子が宇宙のすべてを構成し、地球上の日常生活から太陽系の運動まですべての重力現象はアインシュタインの一般相対性理論によってうまく記述できていたのです。

しかし、1998年に発見された「宇宙の膨張は加速している」という驚くべき事実がきっかけになって私達の理解は大きく変わりました。宇宙には「暗黒エネルギー（ダークエネルギー）」が充満していて、この加速膨張を引き起こしているのではないかと考えられるようになりました。しかしその正体は謎のままです。



太陽系、人間、原子



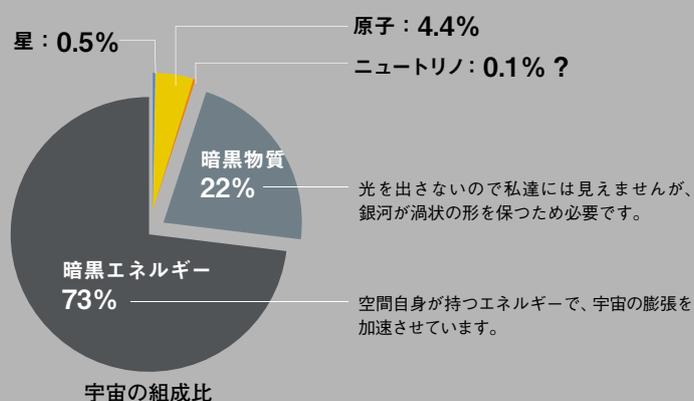
加速膨張する宇宙 ©NASA, ESA, J. Blakeslee and H. Ford (JHU)

一方、銀河が渦巻きの形を保っているのは、私達には見えない「暗黒物質（ダークマター）」が大量に存在しているためだと指摘されてきましたが、その正体もまったくわかっていません。



銀河 ©2005 NAOJ

私達が知っている宇宙はたったの5%だったのです。



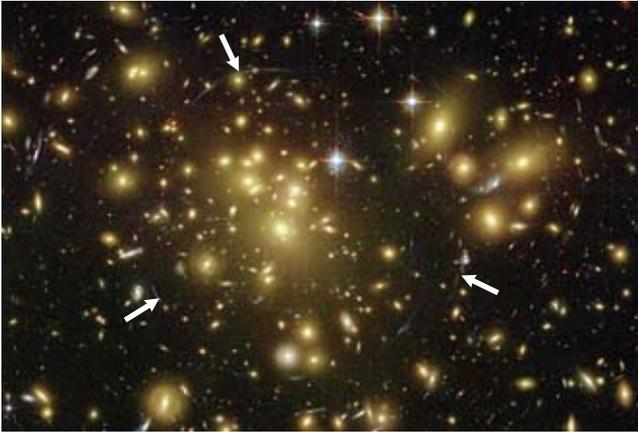
さらに、まだごく小さかった宇宙の始まりを知ろうとすると、量子的揺らぎがあまりにも大きくなって、一般相対性理論も量子力学も通用しなくなります。素粒子の根源を理解するためには避けて通ることができない「量子力学と一般相対性理論の融合」の必要性が、宇宙の解明でも現れるのです。これまで「点」と考えられてきた素粒子を振動している「ひも」と考える「超弦理論」が、この問題の解決につながると期待されていますが、その全貌は未だわかっていません。

数物連携宇宙研究機構では、 最先端の数学と物理学が連携してこれらの謎に迫ります。

IPMUが取り組む主な研究分野

重力レンズで宇宙の暗黒物質と暗黒エネルギーを探る

暗黒物質は光を出さないため私達の目には見えませんが、質量を持つためアインシュタインの一般相対性理論にしたがって空間を歪めます。これによって、その背後にある遠方の銀河が歪んで見える「重力レンズ効果」を起こします。この原理を使って暗黒物質の分布を知ることができます。

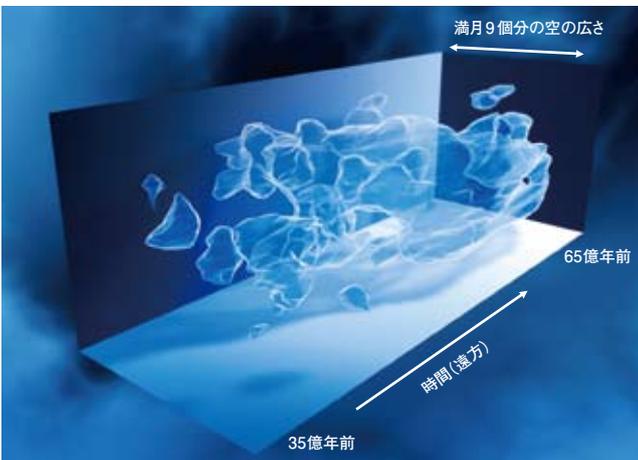


重力レンズ効果によって歪んだ銀河団 Abell 1689内の銀河イメージ
©NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Racah Institute of Physics/The Hebrew University), H. Ford (JHU), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory), the ACS Science Team and ESA



すばる望遠鏡 (国立天文台)
これまでの10倍の視野を持つ新型カメラをIPMUが中心となって制作中。

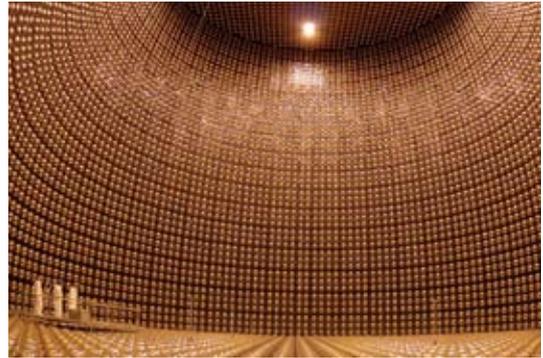
暗黒エネルギーは宇宙を加速膨張させることにより、宇宙の物質分布に影響を及ぼします。逆に、重力レンズ効果から得られた物質分布の時間変化(遠いほど過去を見ている)から暗黒エネルギーの性質を調べることができます。



暗黒物質の3D分布図 すばるを含む世界中にある4台の望遠鏡観測の結果

地下実験で宇宙を探る

神岡鉱山の地下には宇宙線研究所のスーパーカミオカンデとエクスマス観測装置、および東北大学のカムランド観測装置があります。IPMUはこれらのグループと協力して、過去に起きた超新星爆発から発せられて現在の宇宙を彷徨っているはずの「超新星背景ニュートリノ」や、天の川銀河に存在しているはずの暗黒物質、さらにはまだ見つからないニュートリノを放出しない2重ベータ崩壊の探索に挑んでいます。



スーパーカミオカンデの検出タンク内部 ©ICRR



建設中のエクスマス測定装置 ©ICRR

素粒子論で暗黒物質にせまる

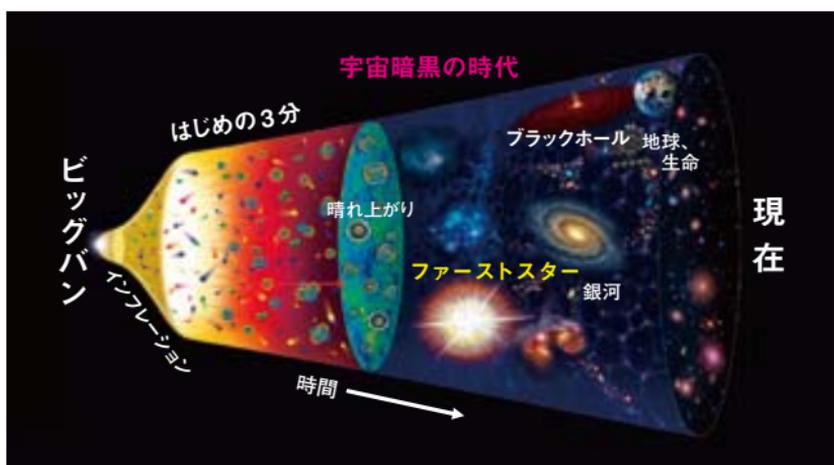
現在の素粒子標準理論が直面するいくつかの問題を解決するため、その背景にあると考えられる超対称性理論など、より根源的理論にせまれます。これらの新しい理論で予言される未知の素粒子を加速器実験や天体観測データの中から探し、暗黒物質との関連を調べています。

超弦理論が予言する奇妙な時空構造の解明

「超弦理論」では「ひも」のいろいろな振動モードがさまざまな性質の異なる素粒子に対応します。この理論の最も驚くべき予言は「私達は4次元を越える世界に住んでいる」ということです。「ひも」は10次元時空にしか住めないのです。私達の知る4次元時空以外の「追加次元」はどこにあるのでしょうか。「どこにでもあって、あまりにも小さく丸まっているため私達には見えないだけ」、というのがひとつの可能性です。物理学者と数学者がいっしょになって、この奇妙な、しかし魅惑に富んだ追加次元の解明に挑んでいます。

星の誕生と死

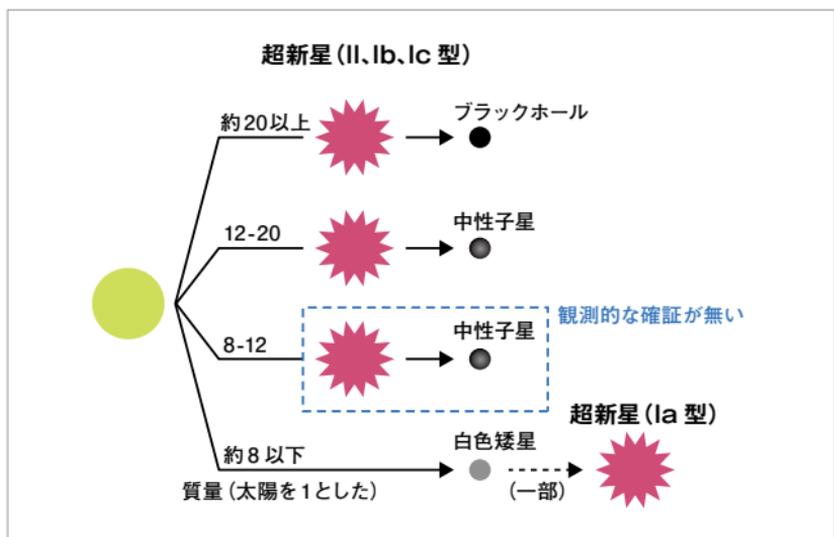
ビッグバンで始まった宇宙はその後膨張を続けながら、およそ137億年かけて現在のような光り輝く宇宙へと進化してきました。ビッグバンからおよそ38万年後に原子が合成され、「宇宙の晴れ上がり」が起きた頃はまだ星や銀河は存在せず、宇宙は暗黒の世界だったのです。そこからどうやって星が生まれたのか、コンピューターシミュレーションで解明しようとしています。最新の結果からは、宇宙がおおよそ3億歳のころに最初の星（ファーストスター）が誕生したことが分かってきました。



宇宙の始まりと進化の歴史

福井康雄監修『宇宙史を物理学で読み解く』より

超新星は星がその生涯を終える際に起こす爆発です。爆発にはいくつかのタイプがありますが、Ia型と呼ばれるタイプは明るさがほぼ一定で、宇宙の距離測定の際の「標準光源」としての役割を果たすので、暗黒エネルギーの発見など宇宙論の発展に重要な役割を担ってきました。IPMUの観測および理論両面の研究から超新星に関する新たな事実が次々に発見されています。



超新星爆発のタイプ



矢印の先が超新星 2005cz、その右上の天体が超新星が属する楕円銀河 NGC4589。

ついに捕らえた「軽い星」（太陽の10倍程度の重さ）の重力崩壊型超新星

世界中から多くの研究者が集います。



毎日午後3時のティータイムで分野の異なる研究者が交流し、活発な議論が交わされます。

多くの研究機関と共同研究を行います。

ホスト機関(東京大学)

- 数理学研究科
- 宇宙線研究所(柏、神岡)
- 物理学教室
- 天文学教室

連携機関(国外)

- カリフォルニア大学
バークレー校(米国) 物理学教室
- プリンストン大学(米国)
天体科学教室
- フランス高等科学研究所(IHES)

連携機関(国内)

- 国立天文台
- 京都大学物理学教室
- 高エネルギー加速器研究機構(KEK)
- 京都大学
基礎物理学研究所
- 東北大学ニュートリノ科学
研究センター

数物連携
宇宙研究機構

柏キャンパス
神岡サテライト

バークレー
サテライト

IPMUのグループリーダーとなる人たちです。
 東京大学(ホスト機関)や国内外の連携機関から各分野をリードする研究者が集まっています。



村山 斉
 むらやま・ひとし
 素粒子論・宇宙論



相原 博昭
 あいはら・ひろあき
 高エネルギー物理学



鈴木 洋一郎
 すずき・よういちろう
 ニュートリノ物理学・
 天体素粒子物理学



アレクセイ・ボンダル
 Alexey Bondal
 数学



福来 正孝
 ふくきた・まさたか
 宇宙論・天体物理学



井上 邦雄
 いのうえ・くにお
 ニュートリノ物理学



梶田 隆章
 かじた・たかあき
 ニュートリノ物理学・
 天体素粒子物理学



スタブロス・カサネバス
 Stavros Katsanevas
 ニュートリノ物理学・
 天体素粒子物理学



河野 俊丈
 こうの・としただけ
 数学



中畑 雅行
 なかはた・まさゆき
 ニュートリノ物理学・
 天体素粒子物理学



野尻 美保子
 のじり・みほこ
 素粒子論



野本 憲一
 のもと・けんいち
 天体物理学



大栗 博司
 おおぐり・ひろし
 超弦理論



斎藤 恭司
 さいとう・きょうじ
 数学



デイビッド・スパーゲル
 David Spergel
 宇宙論



ヘンリー・ソーベル
 Henry Sobel
 ニュートリノ物理学・
 天体素粒子物理学



杉山 直
 すぎやま・なおし
 宇宙論



柳田 勉
 やなぎだ・つとむ
 素粒子論

外国人研究者への
 サポートや
 一般市民への広報活動に
 力を入れています。



昔話の劇を演じる日本語教室の受講生



市民公開講座で質問に答える村山機構長

柏キャンパス



柏キャンパス全景

IPMUの建物

柏キャンパスへのアクセス

柏の葉キャンパス駅(つくばエクスプレス)から

- バス利用: 「柏の葉公園循環」「江戸川台駅」行き約10分、「東大前」下車後、徒歩約3分
- タクシー利用: 約4分 ●徒歩: 約25分

柏駅(JR常磐線)から

- バス利用: 「国立がん研究センター」行き約30分、「国立がん研究センター」下車後、徒歩約3分
- タクシー利用: 約20分

江戸川台駅(東武野田線)から

- バス利用: 「柏の葉キャンパス駅」行き約10分、「東大前」下車後、徒歩約3分
 - タクシー利用: 約7分 ●徒歩: 約30分
- 常磐自動車道 柏I.C.から ●約5分