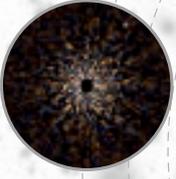
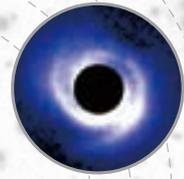
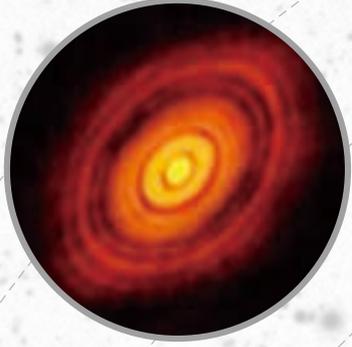


現代天文学のフロンティア

第二の地球とダークな宇宙



2017.3.5 日 13:00-16:50
 (開場 12:00)
 会場: 東京国際交流館 (プラザ平成)
 国際交流会議場 東京都江東区青海 2-2-1
 国際研究交流大学村内

NINS
 National Institutes of Natural Sciences

主催: 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
<http://www.nins.jp/sympo23.php>

現代天文学のフロンティア —— 第二の地球とダークな宇宙 ——

- 日時：2017年 **3月5日(日) 13:00~16:50** (開場 12:00)
- 会場：東京国際交流館 (プラザ平成) 国際交流会議場
(東京都江東区青海 2-2-1 国際研究交流大学村内)
- 主催：大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

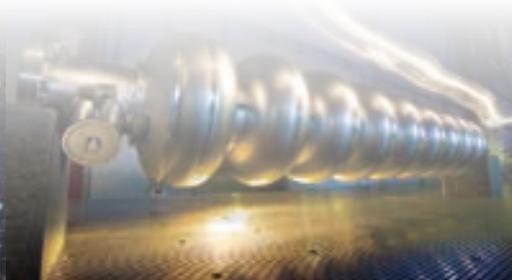
プログラム

12:00	開 場	
13:00-13:10	開会挨拶	自然科学研究機構 機構長 小森 彰夫 自然科学研究機構 理事/国立天文台 台長 林 正彦
13:10-13:50	講演1 太陽系外地球型惑星を見つけよう	自然科学研究機構 国立天文台 ハワイ 准教授 林 左絵子
13:50-14:30	講演2 系外惑星誕生の現場を見つけよう	工学院大学 教育推進機構 基礎・教養教育部門 准教授 武藤 恭之
14:30-14:40	質疑応答 (講演1、2について)	
14:40-15:00	休 憩	
15:00-15:40	講演3 広視野天体探査で調べるダークマターの分布	自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター 准教授 宮崎 聡
15:40-16:20	講演4 ダークマターの正体を探れ —地上実験による直接探索—	九州大学 理学研究院物理学部門/先端素粒子物理研究センター 助教 末原 大幹
16:20-16:30	質疑応答 (講演3、4について)	
16:30-16:45	ま と め	
16:45-16:50	閉会挨拶	自然科学研究機構 副機構長/核融合科学研究所 所長 竹入 康彦

司会：自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター広報室 室長 山岡 均

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構は、天文学、核融合科学、分子科学、生物学、医学生理学などを柱として、分野を超えた融合研究を積極的に行い、自然科学の新しい分野の開拓を進めています。このような分野を超えた自然科学研究の意義を多くの皆さんにお伝えすることを目的に、「自然科学研究機構シンポジウム」を開催してきました。

第23回目となる今回は、天文学分野に焦点をあて、現代天文学の挑戦的な2つのテーマ「太陽系外惑星とダークマター」を採り上げます。国際協力の下、天文学的・素粒子物理的な手法で迫る宇宙の謎と最新の研究成果について、研究者自らが解説する講演会です。



第二の地球とダークな宇宙

天文学は、より暗い天体をより細かく観測することで、未知の世界を切り開いてきました。また、新しい方法で観測することによって、天体の思いもよらない姿を明らかにしてきました。この営みは、ガリレオ・ガリレイが望遠鏡を空に向けた400年前から現在に至るまで、連綿と続けられています。

現代の天文学が挑む最先端のテーマのひとつに、ダークマターやダークエネルギーがあります。宇宙膨張の歴史を調べる中で、これらの存在が知られるようになってきました。光を出すことも吸収することもしないダークマターですが、その量がどれほどのものなのかを解明するために、精密かつ綿密な観測がなされてきています。一方で、ダークマターとはどのような物質なのか、素粒子物理学では格好の研究対象になっています。この天文学と素粒子物理学のふたつが両輪となって初めて、宇宙を理解することが可能になるでしょう。ミクロを知ることは、マクロを知ることに直結するのです。

もうひとつの天文学の最前線は、太陽系以外の惑星たちです。20年前に初めての例が発見されて以来、数多くの惑星系が見つかってきています。さまざまな種類の恒星のまわりに、大きいものから小さいものまで、恒星からの距離もいろいろな惑星が次々に検出され、その多様性には驚かされるばかりです。太陽系以外の惑星の存在は確立しました。次はこの惑星たちの性質を直接知りたい、そして、惑星たちがどのようにして形成され現在に至ったかを理解したい。それが現代の天文学の大きな目標となっています。

これらの「現代天文学のフロンティア」に向かって、力強く歩みを進めている研究者の生の声を、今回のシンポジウムを通じて皆さんにお届けしたいと思います。

2017年3月5日

企画 自然科学研究機構 国立天文台

講演1

太陽系外地球型惑星を見つけよう

Profile

自然科学研究機構国立天文台および総合研究大学院大学 物理科学研究科天文科学専攻准教授。電波天文学により理学博士号取得。秋田県生まれ、福島を含む東北育ち。イギリス・オランダ・カナダ連合天文台勤務の後、国立天文台に入り、すばる望遠鏡の設計段階から携わる。1998年よりハワイ勤務。大型電波望遠鏡のパラボラ鏡面調整による効率向上、大型光学赤外線望遠鏡の基本光学系やコーティングに携わってきた。研究テーマはミリ波・サブミリ波観測により分子雲中における星形成活動や、赤外線観測により星・惑星系形成過程を目撃すること。



はやし さえこ
林 左絵子

地球のような惑星はこの宇宙のどこにあるのでしょうか。太陽系の中でも地球に似た資源を持つ環境の惑星探査が進み、また、太陽ではない別の恒星（星）をめぐる惑星の観測も急速に進展しています。続々と見つかる太陽系外惑星（系外惑星）候補の中には、その温度環境から水が存在できるかもしれないものもあります。地球や太陽系の成り立ちを理解する上で、太陽系外の惑星系から得られる知見は貴重なものです。講演を通じて、すばる望遠鏡で進められている研究の努力とわくわくを、皆さんとぜひ共有したいと思います。

● 太陽系天体の探査 ——地球と似た環境は、地球への影響は

太陽系内の惑星や衛星でも、地球とよく似た地形を持つものがあります。形が似ていても、物質構成が異なるものもあります。また、現在地球が持っている水は太陽系内天体での物質のやりとりの好例です。こうした知見が太陽系外天体の理解のもとになります。

● 系外惑星はどこにある ——どのような星の周りにある

太陽によく似た恒星（星）のまわりに惑星系が続々と見つかっています。では重い方の星の周りでは？ 重い星は誕生から進化のスピードが速く、惑星が育つ暇が十分にはないかもしれません。一方で、軽い星は材料をたくさん集めることができないかもしれません。異なる組み合わせは、惑星のでき方を考える際の大事な要素です。

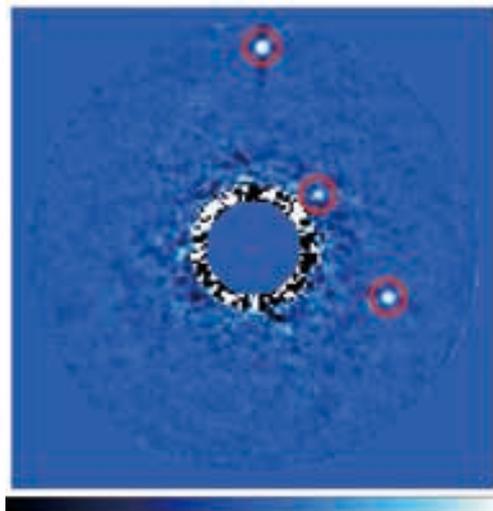
● 系外惑星はどんなものがある ——重さ、大きさ、性質

今まで見つかってきた系外惑星そのものの重さや大きさはどうでしょうか。重く大きい惑星の方が見つかりやすく、また検出の方法からして星に近い惑星の方が見つかりやすいため、木星クラス、またはそれより重い惑星が多く見つかってきています。また、系外惑星の性質について、幾つか

詳しく調べることができてきました。大気を持つ惑星には、雲があったり、地球のスモッグのようなものがあったり。温度からすると、液体の表面がある可能性が高いものもあります。今まで想像されてきたものより、はるかに多様な世界が存在するのです。

● 系外惑星をどうやって見つける ——観測の難しさとすばる望遠鏡での工夫

大きさが太陽に比べて100万分の1という地球のような天体を太陽系外に見つけることは、とても大きな挑戦です。わずかな光やその変化を見分ける工夫が重ねられ、上記のような発見が続けられてきました。すばる望遠鏡でも、この2017年2月から系外惑星の性質を明らかにするための観測装置が本格的に始動します。また近いうちに、太陽より軽い星のまわりの惑星探査を有効に進める観測装置も立ち上がります。これまで地球上のいろいろな国の研究者・技術者との協力のもとに進められてきた努力によって、新たな世界の調査が進んでいきます。



若い星 HR 8799 のまわりの多重惑星系が鮮明に描き出されました。この画像はすばる望遠鏡に搭載された観測装置「CHARIS」の試験観測成果の例です
Credit: CHARIS/Princeton Team and NAOJ

講演2

系外惑星誕生の現場を見つけよう

Profile

工学院大学教育推進機構基礎・教養教育部門 准教授。博士（理学）。惑星形成過程に関する理論的研究を中心に、観測的な研究も行っている。京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻修了。日本学術振興会特別研究員、工学院大学助教を経て、2015年より現職。2015年、日本惑星科学会最優秀研究者賞を受賞。

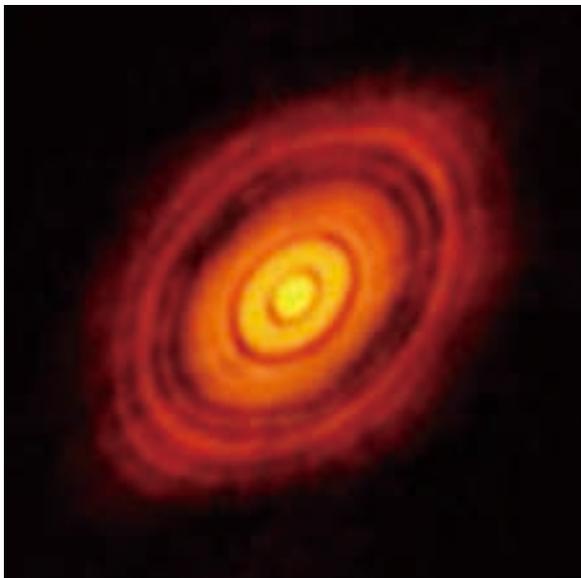


むとう たか ゆき
武藤 恭之

惑星は、生まれたての若い恒星（星）の周りにある「原始惑星系円盤」の中で誕生したと考えられています。原始惑星系円盤の中にある大きさ1マイクロメートルにも満たない塵（ちり）が、100万年以上の時間をかけて惑星にまで成長していきます。人間から見ると長いように見える100万年も、星や惑星の生きる時間に比べるとほんの一瞬です。すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡などで、この一瞬を捉えようとする試みが行われています。講演では、最新の観測で明らかになってきた惑星誕生の現場についての理解をご紹介します。

● 星の誕生と原始惑星系円盤

星は惑星系の中心にあり、その強い重力で惑星などの周囲の物質の動きを支配しています。惑星系の誕生を知るためには、まず、星がどのように誕生したかを知らなければなりません。現在考えられている星形成のシナリオの概略を紹介し、生まれたての若い星の周りに、惑星系のゆりかご—原始惑星系円盤—が形成されることを示します。



● 惑星形成のシナリオ

生まれたての若い星の周りには原始惑星系円盤の成分は、ガスと塵から成っています。この円盤の中で塵の成分が集まることによって惑星が形成されます。惑星形成のシナリオは、私たちの太陽系はどのようにして生まれたかという問題意識のもと、系外惑星系の発見以前から研究がされてきました。最新の研究成果を踏まえつつ、そのシナリオの全体像、形成される惑星系に対する予測、シナリオの問題点などについてお話しします。

● 原始惑星系円盤に残る惑星形成の痕跡

星や惑星の形成シナリオを構築しても、それを実際の観測で確かめることができれば、それは机上の空論ではありません。惑星形成が実際に起こっていることを確かめるために、どのような観測をすればよいのでしょうか。さまざまな波長を用いた観測から、惑星形成の証拠をつかむための手法についての概略をお話しします。

● 原始惑星系円盤の最新観測

すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡などの大型観測装置は、原始惑星系円盤の観測的研究に革命をもたらしました。原始惑星系円盤の姿をはっきりと写真に収めることができるようになったのです。また、高感度観測により、これまで見えてこなかった物質を見つけることもできるようになりました。最新の観測でわかってきた原始惑星系円盤の姿を紹介し、惑星を作る現場はどのようになっているのかを議論します。

アルマ望遠鏡による原始惑星系円盤の観測例。アルマ望遠鏡を用いた「おうし座 HL」という星の周囲にある原始惑星系円盤の高解像度画像です。円盤の中には、溝のような構造がはっきりと見えています。これが惑星形成とどのように関わるのか、研究者の間で大きな議論となっています。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

講演3

広視野天体探査で調べるダークマターの分布

Profile

国立天文台 准教授。理学博士。
1993年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。
1994年ハワイ大学天文学研究所（学術振興会海外特別研究員）を経て、
1996年より国立天文台に勤務。
主な研究分野は観測的宇宙論、観測装置開発。



みやざき さとし
宮崎 聡

1929年、エドウィン・ハッブルによって宇宙が膨張していることが発見されました。それ以降長い間、宇宙膨張の割合は、次第にゆっくりなりつつあると考えられてきました。宇宙に存在する天体の間に働く万有引力が膨張を抑えると思われていたためです。しかし、1990年代後半、遠方の超新星を使った距離測定から、宇宙膨張は遅くなっているのではなく、逆に加速していることが明らかになってきました。これを説明するには、斥力（互いを遠ざけようとする力）を持つような未知のエネルギーの存在を考えるか、重力法則を考え直すかしなければなりません。この事実を明らかにした研究者たちには、2011年にノーベル物理学賞が授与されました。それほど重大な、そして衝撃的な発見だったので。

宇宙膨張の歴史を推測するためには、宇宙に存在する物質の分布を調べ、宇宙膨張の割合の変化と物質分布の時間変化との関係を明らかにする必要があります。しかし宇宙には、直接観測が可能な天体だけではなく、光を発しないダークマター（暗黒物質）も存在します。しかもダークマターは、宇宙を構成する物質のうち、光を発する普通の物質よりも多く存在していることがわかってきています。

このようなダークマターの分布は、重力レンズ効果を利用して調べることができます。遠方から届く銀河の光は、その手前に存在するダークマターによる重力レンズ効果のために変形して観測されます。その変形量からダークマターの分布を推測するのです。宇宙の広い範囲で多数の遠方銀河を観測してダークマターの分布を明らかにできれば、そこから宇宙膨張の歴史に迫ることが可能になります。

我々のグループは、「超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam（ハイパー・シュプリーム・カム、HSC）」を新たに開発しました。この観測装置を日本の大望遠鏡「すばる望遠鏡」の主焦点に取り付けることで、遠方銀河の広域観測が可能になります。すでにその初期観測成果から、宇宙膨張加速の謎に迫るための手法が確立しつつあります。今後、このHSCの観測データから、どのような宇宙の姿が明らかになってくるのでしょうか。宇宙膨張の謎の解明に迫る最新の結果と今後の見通しをお話します。



すばる望遠鏡と超広視野主焦点カメラ HSC を用いて観測された画像の一部。等高線はダークマターの分布を表しています。このような広域観測データから宇宙のダークマターの分布を明らかにし、その時間変化から宇宙膨張の歴史を探ります。

Credit: NAOJ/HSC Project



すばる望遠鏡の主焦点に取り付けられた超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam（ハイパー・シュプリーム・カム、HSC）

Credit: NAOJ/HSC Project

講演4

ダークマターの正体を探れ—地上実験による直接探索—

Profile

九州大学理学研究院物理学部門・先端素粒子物理研究センター 助教。博士（理学）。国際リニアコライダー（ILC）の加速器、測定器、物理解析を渡り歩き、ILCの実現に邁進するとともに、大強度陽子加速器施設（J-PARC、茨城県東海村）、高エネルギー加速器研究機構（KEK、茨城県つくば市）、福井大学などの装置を使った中小規模の新物理探索実験も行っている。

2008年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。その後、東京大学素粒子物理国際研究センター特任研究員、東北大学大学院理学研究科助教を経て2013年より現職。



すえ はら たい かん
末原 大幹

ダークマター（暗黒物質）の存在は宇宙の最大の謎の一つであり、素粒子実験においてもこのダークマターを手がかりに、既存の理論の枠組みを超えたまったく新しい理論が発見できるのではないかと、注目を集めています。大規模な装置と国際的な協力の下、さまざまなアプローチで進められるダークマター探索実験をいくつかご紹介するとともに、特に次世代大型加速器計画として日本への建設が有望視されている国際リニアコライダー（ILC）によるダークマター探索についてお話しします。

● ダークマターと新物理仮説

素粒子物理学では、「標準模型」に含まれる17種類の素粒子の相互作用により宇宙の振る舞いを記述しますが、ダークマターはこの17種類の素粒子に含まれない未知の素粒子であると考えられています。宇宙には「標準模型」では説明できない現象がいくつか見つかり、ダークマターの存在もその一つです。ダークマターの正体が明らかになれば、「標準模型」を含むさらに大きな統一理論への足がかりとなるに違いありません。現在、素粒子物理学の分野ではダークマターを含むさまざまな新物理仮説が提唱されています。代表的な新物理仮説をいくつかご紹介するとともに、それぞれの仮説で予言されるダークマターの性質についてお話しします。

● ダークマター検出の試み —地上での観測実験

ダークマターは物質との反応確率が極めて低いと考えられており、地球をも通り抜けてしまいます。地球を通り抜けるダークマターがごくまれに物質と反応する現象を、超大型の検出器で捕まえる試みが世界中で進められています。この地上でのダークマター検出実験についてご紹介します。

● ダークマター検出の試み —地上でのダークマター生成

多くの新物理仮説では、比較的重い（質量の大きい）ダークマターを予言します。このようなダークマターは、大型加速器を使った素粒子実験で生成できる可能性があります。加速器でダークマターを生成し、それを検出する試みについてお話しします。また、特に私が関わっている次世代加速器計画である国際リニアコライダーILCと、ILCにおけるダークマター探索の可能性について、現存の世界最大の加速器であるラージハドロンコライダー（LHC）と対比しながら詳しくご紹介します。



国際リニアコライダー（ILC）計画。長さ30キロメートルの直線のトンネルの中で電子・陽電子を超高速に加速し、宇宙初期にしか生成しない多くの粒子を生成・検出することで、ダークマターを含む新物理仮説に迫ります。建設候補地は、東北地方の北上山地が最も有力視されています。

Credit: Rey.Hori/KEK

