

【教授対談シリーズ】

Academy
こだわりアカデミー

● 宇宙の「ダークマター」って何だ？



国立天文台JASMINE検討室室長・教授

郷田 直輝氏

Naoteru Gouda

1960年、大阪府生まれ。京都大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。京都大学理学部助手、大阪大学理学部助教授を経て、99年に国立天文台教授。04年より現職。専門は宇宙論のほか、銀河の形成・進化と重力多体系の力学構造の解析など。天の川銀河の中心部の地図を描くため、JASMINE（赤外線位置天文観測衛星）計画を推進中。著書に、「天の川銀河の地図をえがく」（旬報社）、「ダークマターとは何か」（PHPサイエンス・ワールド新書）など。

対談記事はweb版「こだわりアカデミー」でもご覧いただけます。
バックナンバーも掲載中。ジャンル別検索も可能です。

<http://athome-academy.jp/>

星の位置や分布、その動きから、 未知の素粒子の正体を 突き止める

ダークマターは 生命誕生の立役者

——先生の著書『ダークマターとは何か』を大変興味深く読ませていただきました。宇宙には私たちが見ることができない「何か」があることは知っていたのですが、それが、星や惑星など見えているものを作っている普通の物質の5〜6倍もあるそうですね。でも、なぜ、見えないダークマターが、どうして「ある」と分かったのでしょうか？

郷田 ひとは星の動く速度からです。星の速度は、受ける重力が強いほど速くなります。そして重力は星が多くある場所ほど強くなります。

そのため以前は、われわれのいる天の川銀河の星の速度は、星がたくさん集まっている中心部がより速く、外側にいくほど遅いと推測されていました。ところが実際に観測してみると、外側も中心部もそう変わらない速度で動

いていることが分かったのです。ということは外側の目に見えないところにも重力を発生させる「何か」があると仮定できるのです。

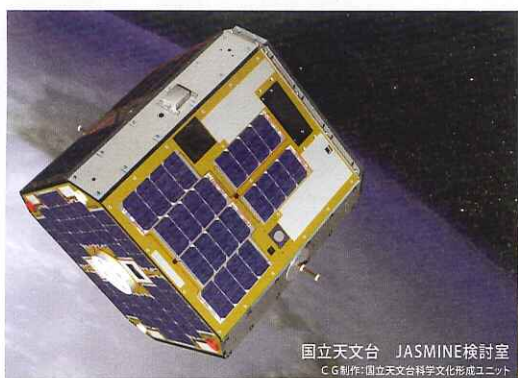
——その「何か」見えないものがダークマターで、ダークマターが存在しないと、理論的に辻つまが合わないというわけですね。

郷田 はい。また、重力によって光が曲げられる「重力レンズ効果」という現象からも、ダークマターの存在が推測できます。

さらに、銀河が集団を組んで束縛されていることです。宇宙には、1000億個以上の銀河があります。それらは50〜数千個程度の群れをつくって「銀河団」となり、その銀河団がさらに複数連なって「超銀河団」を形成しています。一方で、銀河がほとんど存在しない空洞もあり、「宇宙の大構造」は、超銀河団と空洞が織りなす、ちようど石鹸の泡のような構造をしています。このように銀河の分布に偏りが起こるには、ダークマターのように局所的に強い重力を発生するものが必要であることからその存在はほぼ確実とされ、今では、99%以上の科学者がダークマターの存在を信じています。

——状況証拠がそろってきたのですね。

郷田 ええ。また、天文学分野に限らず、宇宙論や素粒子論分野でも、ダークマターの存在がかねてより示唆されてき



国立天文台 JASMINE検討室
CG制作:国立天文台科学文化形成ユニット

位置天文観測衛星「Nano-JASMINE」イメージ。JASMINEは赤外線位置天文観測衛星計画(Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration)の略(写真提供:国立天文台JASMINE検討室)

東京大学で保管されている「Nano-JASMINE」実機。ヒッパルコスと同程度の精度だが、技術進歩により重量1,400kgに対し35kgと、コンパクトにコストも安く抑えることができる(写真提供:国立天文台JASMINE検討室)



ました。例えば、銀河はビッグバン(宇宙発生)直後に、素粒子から作られた水素やヘリウム等の普通の物質が集まって誕生しました。それらが集まるためにも、普通の物質が作る重力よりもっと大きな重力を発生させる何かが必要なのです。

——それがダークマター？

郷田 はい、そうです。銀河が出来なければ、その中で太陽のような星や地球も出来ず、われわれ人間も生まれなかったこととなりますから、実はダークマターは生命誕生の立役者でもあるんですよ。

——だからその正体をつかむために各分野の研究者たちが夢中ががんばっているんですね。分かっていたことはあるのですか？

未知の素粒子とされています。でも、それがどんな素粒子かは未だによく分かっていません。

正体を解明するためには、例えば、実験で、実物を作るといふ試み、そして実際に宇宙のダークマター粒子をつかまえて観察しようという試みも行われています。

——作ったりつかまえたりすることで、直接的な証拠を見つけようとしているわけですね。

郷田 はい。ただし、仮にダークマターとされる素粒子の存在が証明されても、例えばその粒子の重さや、宇宙でどういう風に存在して、どういう動きをしているかなどは分かりません。それには実際に宇宙を観測して、ダークマターの影響を受ける星の動きや、その分布を知る必要があります。

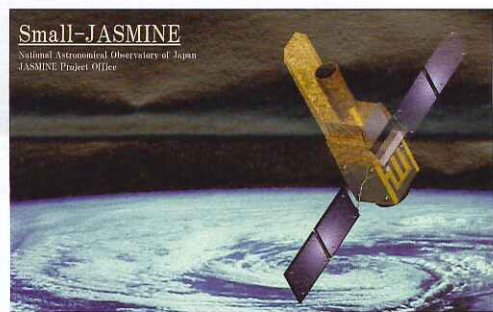
位置天文学で星の微細な動きを観測

——そこで、先生のご専門の「位置天文学」につながるのですね。星の分布を調べて宇宙の地図を作る研究だと伺っています。

郷田 はい。「位置天文学」とは、簡単に言えば、星の位置や運動を調べる研究です。天球面上(夜空)での星の非常に微細な動きから、星までの距離を知って星の立体地図を描いたり、星の運動速度を求めます。実は動かないとされている恒星も、人間が目で見ているだけでは分かりませんか、何万年単位で見れば動いていて、北斗七星なんかも全く違う形になってしまうんです。そうした動きも、ダークマターによる重力が影響していると考えられます。

——何万年単位というと、例えば1年間ならどの程度の動きなのですか？

郷田 1年間にわずか0.1〜0.01



次の段階の「小型JASMIN」イメージ
(写真提供:国立天文台JASMINE検討室)

秒角程度といったところ(1秒角1度の3600分の1)。

——そんな微細な動きが、ダークマターが存在するという証拠になるとは驚きです。

2年後に超小型衛星を打ち上げ。天の川銀河内の星の観測へ

郷田 現在、われわれは日本でも位置天文観測衛星を打ち上げて、天の川銀河内の星の位置と運動を精密に測定しようとして計画しています。天の川銀河の中心までは2万7000光年。それを測るためには10万分の1秒角の精度が必要になります。つまり3億6000万分の1度です。

——3億6000万分の1度！想像もつきませんね。

郷田 例えば、東京都心から100km離れた富士山頂に立っている人の髪の毛1本の太さの約10分の1を見込む角度に相当するとも言えますか？

——途方もない精度ですね！どんな衛星なのですか？

郷田 「小型JASMIN」(小型ジャスミン)という衛星です。ただ、その前にもっと小さな超小型衛星である「Nano-JASMIN」(ナノ

ジャスミン)計画を進めています。国立天文台と東京大学、京都大学との共同で開発した約50cm四方、重さ35kgの超小型衛星で、全天の星を観測します。技術的実証や近くの明るい星の測定が目的の初号機のため、精度的には実は26年前に世界初の位置天文観測衛星として欧州宇宙機関が打ち上げた重量1400kgの「ヒッパルコス」と同じ程度(1000分の1秒角程度)でも、技術の進歩により、衛星の大きさや重さ、また予算は桁違いに小さくできました。なお、当時のデータと組み合わせるとナノジャスミンでは当時よりさらに二桁高い精度で恒星の運動を観測できると考えています。

——打ち上げが待たれますが、いつごろの予定なのですか？

郷田 実は、当初は2011年8月にブラジルの発射場からウクライナ製のサイクロンロケットで打ち上げられる予定だったのですが、ブラジルの予算不足と、ウクライナ情勢の影響で延期が続いています……。

——それは大変ですね。打ち上げは難しくなりました……？

郷田 いえ。世界の研究者からの応援もあり、まだ調整中なのですが、2年後に欧州宇宙機関のロケットで打ち上げできる見込みが出てきました。欧州宇宙機関は2年前にヒッパルコスの後継機である大型位置天文観測衛星「ガイア」を打ち上げたのですが、望遠鏡が大きく集光力が高いので、明るい星に対しては露出過多になってしまい、星の位置測定が困難なのです。一方、ナノジャスミンは、小さい望遠鏡なので、明るい星でも大丈夫で、ガイアのデータを補完することができるよう、期待されています。

——成功すれば、ダークマターのさらなる解明につながりますね。

郷田 はい。さらに、先程の3億6000

万分の1度の精度を出す、より大きな「小型JASMIN」の検討、開発も進んでいます。赤外線での天の川銀河の中心を集散的に観測し、天の川中心付近でのダークマター分布や巨大ブラックホール誕生の謎の解明を目指すもの。2020年代前半の打ち上げを目標にして、JAXAの小型衛星による宇宙科学ミッションへの応募を準備している段階です。将来的には、諸外国と協力して打ち上げるような大型衛星「JASMIN」まで夢を描いています。

——壮大な計画ですね。ご成功を心より願っております。

本日はどうもありがとうございます。

「こだわりアカデミー」読者プレゼント



今月号の「こだわりアカデミー」にご登場の郷田 直輝氏の著書「宇宙のことが知りたいわかる 通読できる宇宙用語集」(ベレ出版)を、抽選で5名の方にプレゼントいたします。ご希望の方は、①氏名、②貴社名、③住所(送り先)、④電話番号、⑤書籍名、⑥本紙の簡単な感想をご記入の上、下記までご応募ください。

【宛先:「こだわりアカデミー」読者プレゼント係】
■FAX: 03-3580-7610 ■Eメール: talk@athome.co.jp
※2016年1月19日(火)到着分まで有効とし、当選者の発表は賞品の発送をもって代させていただきます。応募者の個人情報は、抽選・商品の発送のみに利用します。