

## 星のお知らせ

### 南天にひろがれ宇宙ロマン23

金沢会場 入場無料/申込不要

日時：2017年3月4日(土)  
講演会開始17:00-19:00終了予定  
場所：三谷産業株式会社(金沢市)

### 福井康雄 最終講義 聴講自由

日時：2017年3月6日(月)  
16:00-17:00  
場所：名古屋大学理学南館 坂田・平田ホール  
講義題目：『宇宙の水素の物語』

### 福井教室 申込不要

第120回 講師：福井康雄  
2017年3月25日(土) 名古屋大学 理学研究科附属南半球宇宙観測研究センター長  
◎14:00-16:00 場所：名古屋大学 理学部B館5階 B5講義室



### NHK文化センター宇宙講座2017 有料

#### 『宇宙にみちる水素』

開講期間：2017年4月5日～10月18日 開催場所：NHK文化センター 名古屋教室  
◎各日18:30-20:00(全12回) 名古屋市東区東桜1-13-3  
NHK名古屋放送センタービル 6階大会議室  
講師：福井康雄ほか  
NHK文化センター・宇宙講座にお申し込みが必要です。 お問い合わせ・お申込み/NHK文化センター 名古屋教室 TEL:052-952-7330



福井康雄 天文学講演(国立天文台講演会「クール・ユニバース～アルマ望遠鏡でたどる私たちのルーツ」、2014年12月、約60分)が、YouTubeで配信されています。今号の特集に関する内容です。是非ご覧ください。 [https://youtu.be/LG5IT\\_p\\_9YU](https://youtu.be/LG5IT_p_9YU)

※各詳細は名古屋大学 星の会事務局までお問い合わせください。 TEL 052-789-2837(受付時間 月～金 10:00-17:00)

募集中

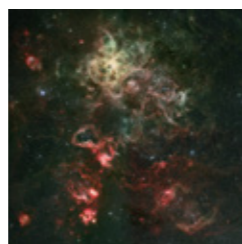
会員の皆さまから、  
写真・記事などを募集します。

様々なイベントでの体験談や星の会に参加したきっかけなど、皆さまのお声を下記星の会事務局までお寄せください。短い文章(コメント)や、天文以外の内容、色々な作品の写真なども歓迎します!

### 編集後記

穏やかな新年を迎えた頃には、今号のニュージーランドツアー記事に使用する候補画像を選んでいました。この記事につきましては東さんに急遽のご依頼でありましたが、快くお引き受けいただき感謝です。ありがとうございました。画像選択の作業をしていて思ったことは、まだ半年も経ってないのにニュージーランドツアーの記憶が薄れていることに愕然としましたが、作業しているうちに十分に見ることは叶わなかったものの頭上に輝く南十字星を始め南天の星空、そして冬のニュージーランドの風景を思い出すことになり改めて地図を確認したりし、今更ながら旅の余韻に浸っていました。さて、新年を迎え初詣をした熱田神宮のおみくじは末吉、内容も?でした。これは忘れることにしよう!(星の会会員・高嶋芳章)

### 表紙説明



画像提供:ESO/R. Fosbury (ST-ECF)(CC BY 4.0)

大マゼラン雲にあるタランチュラ星雲。タランチュラ星雲の中心にはR136と呼ばれる巨大星団が存在し、その周りでは、有名な超新星1987Aを含めて、多数の巨大星も誕生している。名大の藤本光昭教授らは、2億年前の大小マゼラン雲の近接によるガスのかく乱・衝突によって巨大星団が誕生したとする仮説を提案した。それからおよそ30年、福井康雄らはこの仮説が正しいことを観測によって裏付けた。詳細は本文を参照されたい。

# 名古屋大学星の会

(題字:加藤延夫 愛知県芸術文化センター 元総長)

名古屋大学星の会 事務局  
〒464-8602 名古屋市千種区不老町  
名古屋大学理学部天体物理学研究室内  
TEL 052-789-2837  
電子メールアドレス hoshikai @ a.phys.nagoya-u.ac.jp

「名古屋大学星の会」は、NANTEN2と、名古屋大学の宇宙研究を応援する一般市民の集まりです。

02 特集  
マゼラン雲の巨大星団誕生を探る  
二世紀がかりの謎解き◎福井康雄

06 Event Report ニュージーランド天文台見学ツアー  
10 Kidsコーナー 月はどうやってできたの?

# マゼラン雲の 巨大星団誕生を探る ～二世紀がかりの謎解き～

福井 康雄 Yasuo Fukui

銀河系には、マゼラン雲とよばれる小型銀河の「お伴」がいる。

マゼラン雲は、大小2個の銀河である。

今から2億年ほど前、2個がかなり接近した時代があった。

このとき、銀河同士は互いに強い引力を及ぼし合う。

名古屋大学の藤本光昭教授らは、

この近接がきっかけになって両銀河のガスが乱され、

2億年後の現在の巨大星団の誕生につながったという

大胆な仮説を提案した(1990年)。

2016年8月になって、福井らはこの仮説が正しいことを観測によって裏付けた。

名古屋大学を舞台とする「二世紀にまたがる発見」を紹介しよう。

画像提供:ESO/R. Fosbury (ST-ECF)(CC BY 4.0)

なんてん望遠鏡で見た分子雲の分布

画像提供:名古屋大学理学研究科附属南半球宇宙観測研究センター

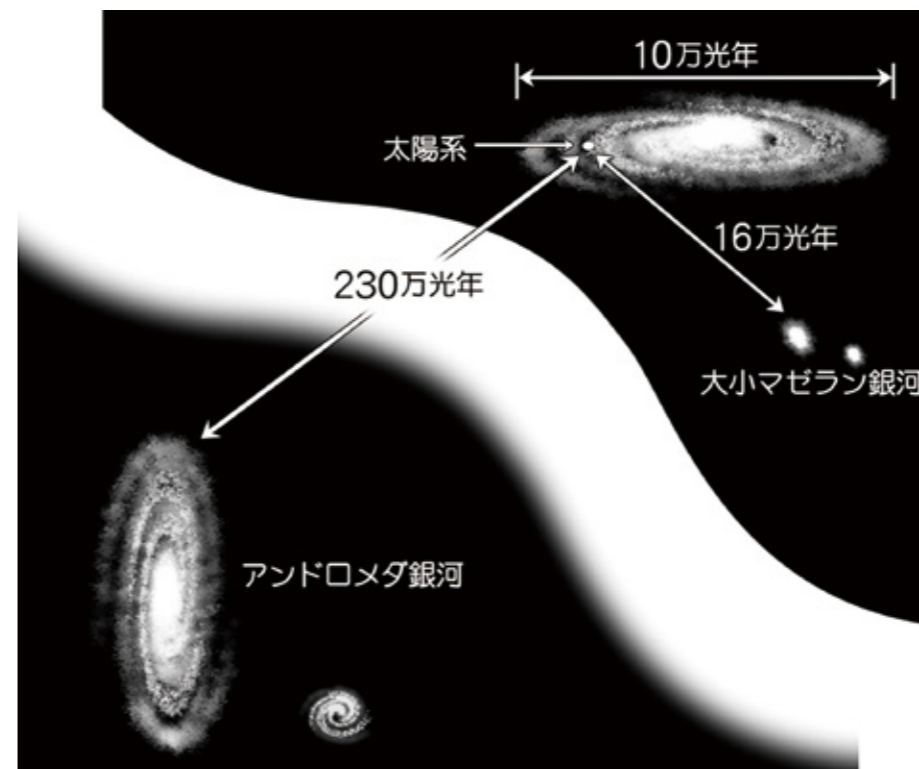


図1 銀河系と大小マゼラン雲、アンドロメダ銀河の位置関係(福井康雄『大宇宙の誕生』光文社、1998年より)と、衝突説を唱えた故・藤本光昭先生。



## 球状星団の起源

天文学の大きなパズルに、「球状星団」の形成がある。球状星団は、銀河系では古いものしか見つかっていない。1個の球状星団には10万個の星が含まれる。星団の典型的な年齢は120億年、銀河系の誕生初期に形成されたと見られ、若い球状星団は皆無である。どのようなプロセスによってこのような「怪物」星団が生まれたのか、大きな謎である。現在の銀河系で生まれている星団は、すばる星団のような総数1000個ほどの星を含む小さなものがほとんどである。しかし、隣の銀河、大マゼラン雲には若い球状星団が存在する。一体、何が起きているのか。

## 大小マゼラン雲のニアミス

マゼラン雲は、太陽系から16~20万光年の距離にある(図1)。マゼラン雲の次に太陽系に近いアンドロメダ銀河M31の距離、230万光年と比べると、マゼラン雲は太陽系のごく近くにあり、詳しく観測できる。マゼラン雲は大小2個からなる。2個は互いにまわりながら、共に銀河系の周りを大きく周回している。ただし、周回の周期は宇宙年齢100億年程度なので、これまでに何度も周回したわけではない。

大小マゼラン雲の軌道を調べると、両者の間隔は時々刻々と変化している。つまり近づいたり遠ざかったりしている。直近の近接遭遇は、約2億年前に起きた。このとき、ふたつ

の銀河の間に大きな力が働いた。大マゼラン雲の水素ガスが大量にはぎ取られ、同時に小マゼラン雲のガスもこれに混ざった。しかし、小マゼランは大マゼラン雲から素早く離れるために、はぎ取られたガスは再び大マゼラン雲の重力で引き戻される。引き戻されたガスは今、大マゼラン雲に向かって落下している。ガス雲の落下する速度は毎秒50キロメートルである。名古屋大学の藤本光昭教授(図1 写真)らは、この落下にともなう衝突によって、ガスが大マゼラン雲の片側に集中して衝突し、巨大星団を形成したという仮説を提案した。

## 衝突説は受け入れられなかった

藤本説に対して当時の世界は否定的だった。反論の根拠は、星の速度である。もし毎秒50キロメートルでガスが衝突して星が生まれたとすると、星同士も大きな速度のばらつきを示すと予想された。しかし、星の速度はせいぜい毎秒10キロメートル程度の幅しか示さない。仮説とは大きく食い違ったのである。

26年を経た2016年、私はこの問題に立ち戻った。立ち戻る前に、二つの研究をした。一つはマゼラン雲の水素分子雲の観測である(2000年頃)。チリの「なんてん」望遠鏡によって、質量が10万~100万太陽質量の分子雲を300個検出し、巨大分子雲が巨大星形成の場であることを示し、その進化を明らかにした。もう一つは、分子雲同士の衝突

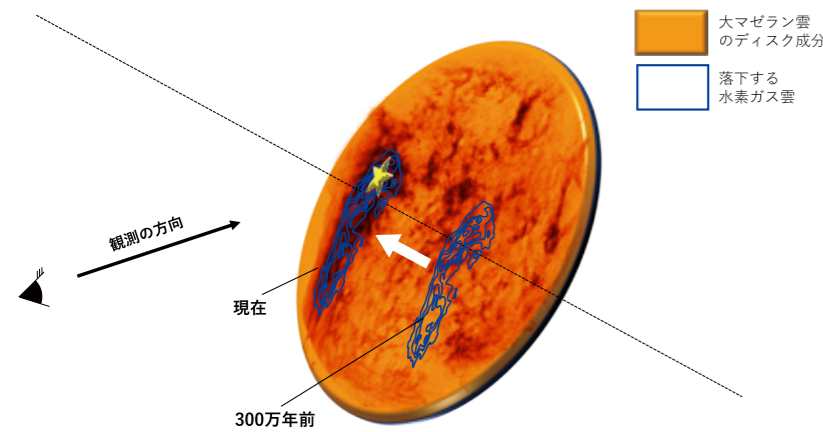
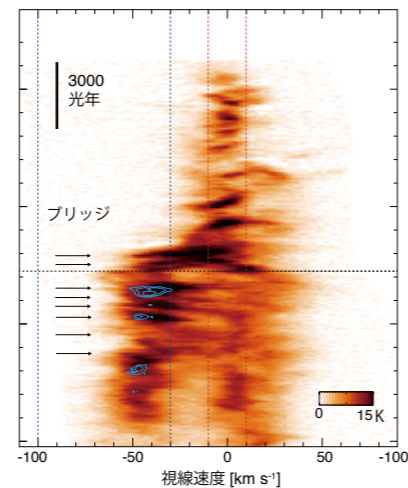
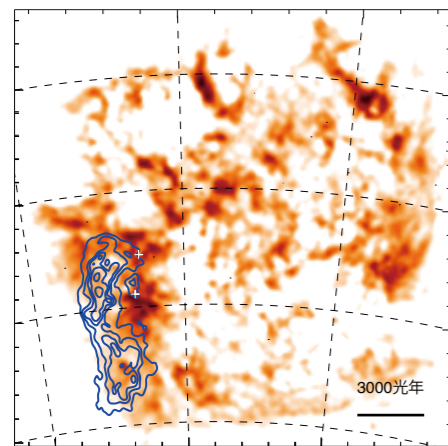


図2 (上)大マゼラン雲のディスク成分と落下する水素ガス雲の模式図。  
 図3 (左下)落下している水素ガス雲(等高線)と大マゼラン雲のディスク成分(濃淡)の分布。  
 図4 (右下)巨大星団R136方向の水素原子ガスの位置速度図。速度0と-50km/秒に水素原子ガスが存在し、その間をつなぐ「橋」が存在することが読み取れる。より密度の高い水素分子ガスの分布を等高線で重ねてある。



が巨大星を生むことを発見した研究である(2010年頃)。これらの成果を手にして、再びマゼラン雲の星団形成の解明に取り組んだのである。

2016年、最新データを使ってマゼラン雲を詳しく見ると、落下する水素ガス雲が大マゼラン雲の東部に重なっていることが分かった(図2,3)。明らかに、この水素ガス雲は大マゼラン雲と衝突している。この衝突はガスを強く圧縮し、大規模に多数の大質量星を形成したと考えられる。その一部が巨大星団R136である。R136はほとんど球状星団に匹敵する質量を持つ。さらにその周りには超新星1987Aを含むおびただしい数の巨大星も誕生している(表紙写真)。なぜ、「衝突」と断言できるのか。

### 衝突の二つの証拠

ポイントは二つ、「ブリッジ」と「相補的な分布」である。図4を見ると二つの成分の間にいくつか速度の広い成分によって「ブリッジ」がかかっている(→)。これは二つの水素原子雲が衝突していることを示す。衝突するガス雲の境界のガスは相手の速度のために加速され、広い範囲の速度を持つ。ブリッジの存在は衝突の強い証拠である。

我々は2001年に二つの雲が相補的に分布していることを示したが、このとき、雲衝突の可能性は視野にはなかった。当時は水素原子観測の分解能が悪かったため、細かい比較はできなかったためである。2000年代半ばに10倍分解能の高い観測結果がもたらされ、詳しく比較できるようになった。最終的な結果を図3に示した。相補的な分布(青線の雲が赤色の雲の凹みにある)が明瞭である。落下ガスの一部は大マゼラン雲の円盤をつきぬけていると見られる。衝突は北西から始まり、南に進行中である。今後、星形成は南に伝わっていくと予想される。

### 衝突は広範に起きている

衝突は広範に起っている。特にR136の右側に多数の巨大星が分布しているのが特徴的である(表紙写真)。ここでは分子雲は大半が散逸している。300万年前にここで衝突が起こり、星が形成されたと見られる。この部分に小柴さんがニュートリノを発見した超新星SN1987Aも存在する。ここでは、例外的におびただしい数の巨大星形成が起きている。数万光年のスケールで毎秒50キロメートルの速度でガス雲が衝突するという異例の現象が起きたためである。落下

した雲の質量は3000万太陽質量にのぼる。実際、オーストラリアの戸次賢治教授らは数値計算でこの大小マゼラン雲の衝突を確かめた。図5は、見事に2億年前の近接遭遇によって、ガスの偏った分布を再現している。

### 生まれた星の速度は小さい

ここで星の速度の問題に戻ろう。最新の理論研究によれば、毎秒50キロメートルの速度で雲が衝突しても、そのままガスが圧縮されるわけではない。ガスは圧縮されつつ密度が高くなる。この際、高密度ガス塊同士の速度差は約10分の1に小さくなるのである。この原因は、衝撃波による加熱でエネルギーが失われることにある。このガス塊中で星が生まれるため、星同士の速度差は小さくなる。かつての反論は、実は理論的には根拠が薄弱だった。

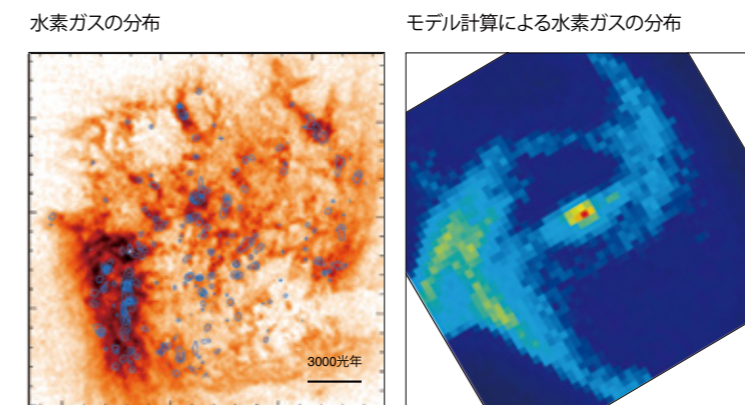


図5 観測された水素ガスの分布(左)と、戸次賢治らによるモデル計算による水素ガスの分布(右)。

### 衝突ガスの重元素量は少ない

ここで興味もたれるのは、化学組成である。衝突したガス雲の重元素が少ないことが、チリ(星間塵)の観測から分かる。ここで用いたのは、プランク衛星の観測結果である。この衛星は、元々宇宙背景放射の観測機であるが、同時に銀河系のチリの放射をサブミリ波で観測した。チリの放射と水素の電波強度の相関を調べると、衝突部分の重元素量は周りに比べると半分しかない。小マゼラン雲は、重元素が少ないことで知られる。近接遭遇の際、小マゼランの重元素の少ないガスが混ざったためと理解できる。(図6)

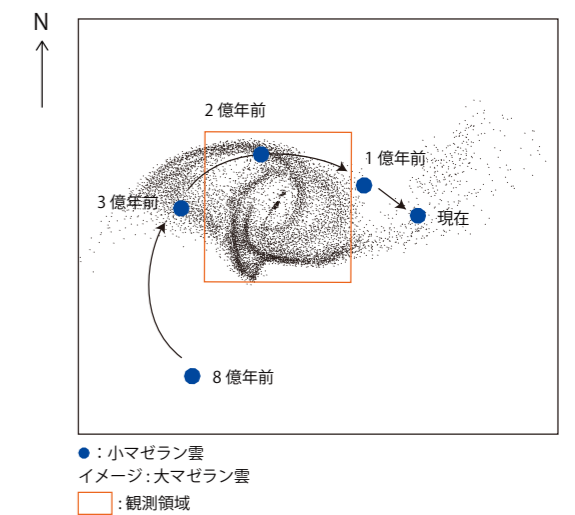


図6 大小マゼラン雲の近接遭遇を模式的に示した。

## 今後の研究

### 小型銀河に起る巨大星団形成

マゼラン雲での巨大星の形成は、銀河が小型であることによって可能になった。その理由を考えると、小型銀河の重力が小さいことが原因である。銀河同士の近接遭遇は頻繁に起きている。直接の合体は少ないが、近接して潮汐力が効く場合は少なくない。特に重力の弱い小さい銀河では、この影響は大きく効く。一方、銀河系やアンドロメダ銀河のように大きな銀河では、銀河自身の重力が強いためにガスが引きはがされる量は少ない。その結果、落下ガスによる星形成は小規模にとどまる。銀河の近接遭遇が、巨大星団の

誕生、そしてそれに伴う銀河の進化を大きく左右するのである。このような、近接遭遇する小型銀河に生まれた星団を多く観測することは、重要である。それによって、球状星団の起源、宇宙でのスターバーストの起源にも迫ることができる。原始銀河系でも、ダークマターに引かれて外から多数のガス雲が降り注ぎ、衝突を頻繁に起こしていたことは十分に考えられる。これが球状星団を生み出した可能性が現実味をおびてきた。銀河進化の謎を解く大きな一歩が印された。

# TRAVEL to NEW ZEALAND

## ニュージーランド 天文台見学ツアー

ニュージーランド天文台見学ツアーは  
10名の参加+添乗員1名計11名の団体でした。  
真冬のニュージーランドの天文台と星空と  
氷河が見たくて参加しました。

左ページ写真の説明 (上) 南天星空 (下) 羊の国ニュージーランド



### 第1日

2016.08.01

ニュージーランドの時差は3時間、季節差は6か月。真夏の日本から真冬のニュージーランドへ10時間の飛行機の旅にさあ出発。空港も機中もホームステイの高校生がいっぱい！若さをいただき！

「天気予報が良くないから、本を2冊買って下さい」と添乗員の山城さん。えっ、まさか…。

### 第2日

2016.08.02

目が覚めたら北島のオークランド空港。真夏から真冬に衣装替え。真冬でも雪は無く、北島のオークランドは暖かい。でも南島のクイーンズタウン空港に立ったら、遠くの山は雪化粧。

具だくさんのおいしいクラムチャウダーの昼食後、クイーンズタウン観光。ゴールドラッシュ時代の古い町アロータウンはまるで西部劇の町みたい。クイーンズタウンが発祥のバンジージャンプをハラハラ、ドキドキして見学。8歳以上、35kg以上75kg以下ならOK。跳んでみたいのをぐっと押さえてスマホでムービー撮影。小さな飛べない鳥キウイは夜行性で見られない、残念。綺麗なヘイズ湖の畔で大きなキウイと記念撮影。



クイーンズタウン空港からの景色



ヘイズ湖の畔にはニュージーランドの国鳥キウイの像(写真左は筆者)



マウントクックのホテルでの集合写真



(上)羊毛刈りショー (下)テカボ湖の風景

第3日

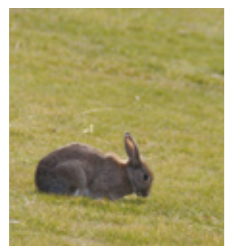
2016.08.03

暗いうちに出発、いざ「マウントクック国立公園」へ！立ち寄ったフルーツ販売店では雨から雪へ…。寒さむっ…。結局雪と道路凍結で「アドベンチャーツアー」は中止(´Д`)。氷河も准石も見られない。3Dシアターのプラネタリウムで観望会。夜の星は絶望的(´Д`)。こんなマニアックな所にも観光バス3台の中国の観光団。

第4日

2016.08.04

「マウントジョン天文台星空ツアー」を期待して出発、夕方まで観光。羊の毛刈見学。モデルは10日後に出産予定のメリーちゃん。お腹の赤ちゃんを触らせてくれたあと、5分位であっという間に丸裸。刈られた毛は壇上で1枚のシートに。見事なバリカンとハサミさばぎにオー。掲げられた写真の羊の種類之多さに驚き！！200種以上はあったような？？牧羊犬(小さい!)の羊誘導の実演見学や羊の餌やり体験をして10cmもある羊毛をお土産に鮭の養殖場を車窓にみてテカボ湖へ。牧羊犬の像や小さな教会のあるテカボ湖を散策。昼食はバスから見た養殖場でとれた(?)「サーモン丼」。ホテルでは野兔がお出迎え。湖畔にもたくさんの野兔がびよん



(左)牧羊犬像 (右)ホテルに野兔がいました。

びよん。雪のマウントクック国立公園から車窓の天気に一喜一憂しながら着いたテカボ湖。晴れたり曇ったり、微かにマウントクックが見えたり、きれいな夕焼け。「マウントジョン天文台」もしっかり撮影。でも夜になったら雪が止まず「天文台星空ツアー」は中止(´Д`)。



テカボ湖にある小さな教会

第5日

2016.08.05

今日は「マウントジョン天文台見学」。しかし昨夜の雪で道路凍結、「マウントジョン天文台見学」中止(´Д`)。少し低い「コーワズ天文台星空ツアー」も道路凍結で中止(´Д`)。晴れ、曇り、雨、雪、アラレが目まぐるしく変わる1日でした。テカボ湖の連泊は予定の3個がすべて(´Д`)で、時間たっぷりの2日間でしたが、4日目の朝方と5日目の夕食前と深夜は雪の合間に星が見えました。もちろん南十字星も！銀河も！名カメラマン達は大小マゼランや綺麗な銀河もとらえてる！

6軒しかない店に何度も行った人、近くの温泉に行った人、山城さんの断捨離レクチャー(?)を受けた人、フテ寝していた人(笑)、飲んでうさを晴らした人(笑)、抹茶サービスしてくれた人、雪の湖畔を散策した人。本2冊読んだ人居たかな～。みんなそれぞれの2日間でした。

第6日

2016.08.06

朝、目覚めたらあたりは銀世界。雪の牧場もいいかも…。氷の張ったホテルの池でカモたちが朝食、私たちも朝食。クライストチャーチ空港への道中、慣れない雪にトラックが立ち往生。バスは長い距離をバックして別路で空港へ。ギリ間に合った。女性運転手のメキシンさん、(^o^)/



オークランド空港にて

第7日

2016.08.07

4時起きして空港へ、朝食は空港でお弁当のサンドウィッチ。オークランドから成田まで11時間。成田で解散。事故もなく、体調不良もなく無事帰国。残念なのは5つの(´Д`)。でも綺麗な風景、透きとおった湖、牧歌的な景色、羊や鹿や牛の牧場。住む人、旅人のことを一番に考えた家々、親切で人の良さそうさ人たち。毎日変わる運転手さんや現地ガイドの方たちは親切でいい人達ばかり。添乗員の山城さんの奮闘にも感謝。素敵なニュージーランドでした。ツアーの準備に多大なご尽力をしてくださった福井先生をはじめ関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。またご一緒の皆様、楽しい旅を有難うございました。

(星の会会員 東悦子)



8月5日の深夜に見えた逆さ南十字星

## Kidsコーナー

太陽と月と  
星と地球

# 月はどうやって できたの？

地球の周りをぐるぐる回っている月。  
いったいどうやってできたのでしょうか？  
それは、まだ誰も知らないナゾです。  
今回はそんな、「月」誕生の  
ナゾにせまります。

白ひげの先生から聞いたんだけど、  
木星や土星にはその周りに衛星がいくつもあって、  
みんな、木星や土星よりも、ずっと小さいんだって(20分の1以下)。  
地球の衛星は月しかなくて、地球の4分の1もあるんだね。  
そのお月さまは、どうやってできたの？



ウォッホン。月は **地球のこども** なんだ。  
地球がまだ固まりかけのころ、ぐるぐる回る遠心力で地球から  
ポーンと飛び出したんだよ。その大きな穴が太平洋、というわけだ。

あ〜ら、白ひげ先生、間違ったことを教えちゃイケマセンよ。  
**月と地球は兄弟** なのよ。太陽ができた時にその周りのチリや  
ガスから太陽系の星たちができたことは、知っているわね？  
地球も月もそこで一緒にできたのよ。



いやいや、**地球と月は赤の他人** じゃ。  
どこかから地球に接近してきた月が、地球の魅力的な  
引力に引かれて、仲良くなったのじゃよ。



先生方、ケンカはいけませんよ。  
アポロが持ち帰った石を調べたおかげで、色々なことがわかって  
きたのですよ。それは、46億年もむかしむかしのこと。  
我らが地球に、**巨大な衝突事件**が起きたのです。



## 様々な誕生説

月がどうやってできたのかという疑問に対して、古くから考えられていたのが、親子説、兄弟説、他人説です。しかし、どの説もそれぞれ大きな問題があり、さらに1970年前後にアポロ宇宙船が月から持ち帰った石を調べると、どうしても説明できない点がいくつも出てきて、完全に行き詰ってしまいました。現在主流の説は、原始の地球に別の天体が衝突したという説で、**ジャイアントインパクト(巨大衝突)説**と呼ばれています。



## 本当に衝突で月ができるのでしょうか？

衝突した結果、バラバラになったりしないのでしょうか？実験して確かめてみようというわけにもいきませんので、現代の天文学ではスーパーコンピュータでシミュレーションをして調べます。原始の地球に火星ぐらいの大きさの天体を衝突させると、まず破片が土星の輪のようになり、その後およそ1か月で原始の月ができることがわかっています。

## 最新の誕生説

しかし、ジャイアントインパクト説も完全無欠ではありません。ジャイアントインパクトで月ができた場合、地球由来では無い、もう一つの天体が持ち込んだ物質が多く混ざるのですが、実際には**地球と月はほぼ同じ成分でできています**。でも、もっと規模の小さい衝突を20回ほど繰り返してできたと考える方がうまく説明できるのではないかと、というのが最新(2017年1月9日公表)の説です。この**マルチプルインパクト(複数衝突)説**が正しいかどうかの検証はこれからです。何年か後には教科書が書き換えられている可能性もあります。

(文/星の会会員 間瀬圭子・名古屋大学 早川貴敬)

