

いたい

宇宙とは

何であるのか



開闢の刹那に、宇宙の一切が決定されていた

宇宙は突如、極微の「何か」から始まったという。では、その前は何だったのか。もし「無」だというのがなら、その「無」とはいったい何なのか。現代の宇宙物理学の最前線に、根本的な疑問を投げかけてみた。

ライター 長谷川 照

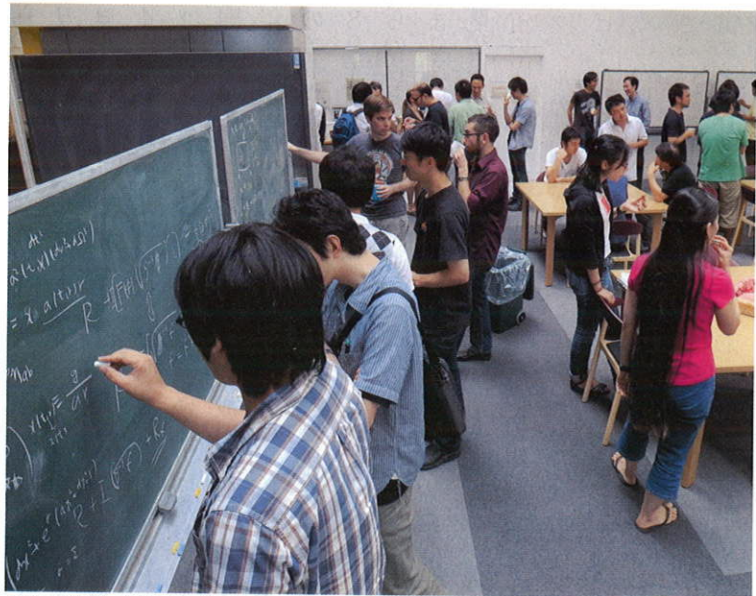
青空も星空も人を安堵させる。荒天を心配しなくて済むからだけなのか。不思議だ。

宇宙の存在を、ひと筋に思索し続けたドイツの哲学者マルティン・ハイデガー（1889～1976年）は主著の一つで、講義録をまとめた『形而上学入門』の冒頭で単刀直入に、「なぜ、いったい何かがあるのか。むしろ何も無いのでなく」と疑問を投げ、呻吟する。

開闢137億年と科学的に計算される、私たちの住み処のこの宇宙はなぜあるのか。その科学的原因について、たとえ新たな謎をさらに生もうと、内外の科学者、宇宙物理学者はいま凄まじい研究欲を燃やし、その解明に挑んでいる。それは、あたかもハイデガーの哲学の問いに科学の立場から、少しでも回答を出そうとしているかのようである。

「まるでお伽噺の世界」

この7月、千葉県柏市柏の葉にある東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構（カブリIPMU）



午後3時過ぎ、東洋系、西洋系とさまざまな風貌の研究者たちが姿を現し、早速黒板には数式も。7月9日、東大カブリIPMUのティータイム

②で、米テキサス大学教授を兼ねてこの客員上級科学者研究員をし、8月15日付でドイツのマックス・プランク天文学研究所の所長に就任する小松英一郎氏(37)に、2度会った。小松氏は、宇宙開闢時の、後で詳述する「インフレーション」期のその刹那に宇宙の一切が生じたという仮説の検証に取り組

んでいる研究者だが、その分野の最先頭集団にいる同氏が自分のこの研究対象について、「そんな荒唐無稽な馬鹿なことがあるか、まるでお伽噺の世界だ、と思ったんです。本当なのか、それを確かめたいという動機があったんです」と、話した。マックス・プランク研究所長

にとドイツ側が小松氏に着目したのは、宇宙開闢のインフレーション期の検証に関する諸論文が傑出していたからだろうが、その当人が、その関係の研究に突き進んだ真意を正直にも、先のように口にしたのだ。

現代宇宙科学の3本柱

この宇宙が始まった謎の解明をめざす現代の宇宙科学は少なくとも三つの画期的な理論、発見をもたらし、時系列でいうと、有名なビッグバン宇宙開闢説、次いで「宇宙マイクロ波背景放射」の発見、そして、前記のように小松氏が一時は荒唐無稽視した、宇宙開闢時のインフレーション理論そのものだ。いずれの理論、発見も、当方が理解できる範囲をおよそ超えているが、とりわけ3番目となると、アルバート・アインシュタイン（1879～1955年）の狙いは異なるが相対性理論と同じく、もはや取り付きようもない科学小説（SF）の類としか見えてこない。

従って、小松氏の率直な言葉に接すると、あそこまでの仮説となれば、その道の研究者でもやはりそうだったのか、と妙に安心させられる。しかし、「まさか」と素人同然の反応をした

①宇宙の誕生からは137億年だが、太陽は誕生から50億年、地球は47億年、生物は38億年、猿人は三百数十万年とみられている。

②東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構カブリIPMUは、数学、物理学、天文学を結集して宇宙の謎に迫る研究機関として文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラムに採択され、2007年に発足した。この研究組織名の「カブリ」とは、世界の先端的研究機関を支援している米国のカブリ財団のことで、12年にIPMUもこの財団の寄付による基金の設立を受け、「カブリ」名を付けて再出発した。

③いま、世界の宇宙科学界で非常に注目されている一つは、なお正体不明のいわゆる暗黒エネルギー、暗黒物質の究明で、カブリIPMUも内外の諸機関と協力しつつ、各種の先端の観測方法を通してそれに取り組みつつある。その一つがハワイのマウナケア山頂にある日本の国立天文台所有の世界最大級の反射望遠鏡「すばる」の活用だ。国内外の研究機関と連携し、超広視野デジタルカメラと超広視野分光器を使った最先端の宇宙観測に取りかかろうとしている。

④マックス・プランク（1858～1947年）はドイツの著名な物理学者。マックス・プランク名称研究所は、自然科学を中心に80前後を数え、そこを維持管理しているマックス・プランク学術振興協会は主に連邦・州からの予算で賄われている。第2次大戦前もこの協会と似た性格の、カイザー・ヴィルヘルム名称の科学振興機構があった。相対性理論のアインシュタインは、米国内に亡命する1933年までカイザー・ヴィルヘルム化学物理学研究所長だった。

photo 高井正彦 (54ページ右下も)

photo 写真部・馬場岳人



星降る夏の夜。開山シーズンで登山客が押し寄せる富士山頂から見た1時間弱の星の光跡。つまり、「24分の1日」の地球の自転だ

ら宇宙物理学徒として恥ずかしい、と分かったふうをしなかったことが小松氏を世界的な存在へと飛躍させることになった。

ビッグバンの証拠発見

摩訶不思議なこの宇宙も、それ自体は始まりも終わりもなく、昔から存在し永遠に続くという、言うならば定常モデルが、実はインシュタインなど有名科学者の間でも自明の真実かのように、20世紀に入ってもしばらくは信じられていた。だが、85年

前の1927年にベルギーのキリスト教聖職者で天文学者のジョルジュ・ルメートル(1894~1966年)が、後に「ビッグバン」説と呼ばれる宇宙開闢モデルを唱え、早くもその2年後に米国ウィルソン山天文台のエドウィン・ハッブル(1889~1953年)が、地球からの遠さに比例する速さで、つまり遠いほど速く地球から銀河が遠ざかっているという、宇宙の膨張を示す観測結果(「ハッブルの法則」)を発表して、ビッグバン説は加勢された。

このビッグバン説を裏付けるさらに大きな前進は、今日「宇宙マイクロ波背景放射」といわ

れる現象が発見されたことだ。

いまから47年前の1965年、米国のベル電話研究所の2人の物理学者が偶然に、天空のあらゆる方向からマイクロ波電波が放射されてくるのを捉えた。それは、後に京都大学理学部の佐藤文隆教授が「宇宙の晴れ上がり」と名付けた、宇宙開闢から38万年後の、光が初めて一挙に行き交うようになった時のその凄まじい発光の残光であることが判明し、明らかに宇宙は定常ではなく、ビッグバン、あるいは何と表現しようかと、かつて開闢し、進化しているという事実がはつきりした。開闢38万年後のその強烈な光は、さらに宇宙が膨張し低温になるにつれて波長が長くなって赤外線、電波、マイクロ波へと変わっていき、137億年経った今でも、マイクロ波に姿を変えたその残光が宇宙を満たしている、というのである。

と梶野氏に問うたら、同氏は、「宇宙が揺らぐのが目に飛び込み、人は気が狂うでしょう」と、答えた。初めから宇宙にはエネルギー密度の濃淡があり、それをマイクロ波は「揺らぎ」として見せる。ごく狭い波長の、普通の光しか人間は目で捉えられず、幸いだった。

「加速膨張」の理論

1980年に京都大学理学部の佐藤勝彦助手(後に東大教授、現在は大学共同利用機関法人自然科学研究機構)と米国の物理学者アラン・グース氏がそれぞれ独自に宇宙開闢時に関する同じ発想の新しい理論を唱え、グース氏がこの自説を、物価騰貴を指す経済用語のインフレーションを借りてそう名付けたことから、これが宇宙開闢に関するこの新理論の名前として定着した。

それは、大げかみで矛盾もあつたビッグバン説を補強するもので、莫大なエネルギーを持つ極微の「場」が発生して宇宙が開闢し、そのエネルギーによって宇宙が「10の34乗分の1秒」の間に、少なくとも10の28乗倍

の膨張も収縮もしない静的な宇宙モデル(本ページ上段参照)にこだわったインシュタインは、ハッブルが当時の天文台にまで訪ねて宇宙膨張説を確かめ、やっと承認した。ビッグバン説は、自身のソ連から米国に脱出してきていた物理学者で後に科学啓蒙の著作活動で有名になったジョージ・ガモフ(1904~1968年)が支持した。同氏は宇宙マイクロ波背景放射(本ページ2~4段目参照)の存在まで予言し、死去の4年前にそのマイクロ波が発見された。

宇宙開闢のビッグバン説はこの「インフレーション」期も含めて考えるのか、それともインフレーション後のいわゆる「火の玉」的膨張を指すのか、研究者の記述はまちまちだが、それは定義をどうするかの問題で本質的な事柄ではない。

2012年7月4日にスイスにある欧州合同原子核研究機関(CERN)が、99.9999%以上の確度で発見したと発表したビッグス粒子(他の粒子に質量を与える粒子で、イギリスの物理学者ピーター・ヒッグスが存在を予言した)も、このインフレーション期に生まれたとされる。

そんな理論が成り立つものなのか。小松氏は、どうしても確かめずにはいられなくなった。

「10の世」は決定済み

東北大学大学院理学研究科天文学専攻の博士課程を終えた小松氏は、先の宇宙マイクロ波背景放射を精密観測するために米航空宇宙局(NASA)が米プリンストン大学と共同で2001年に、最初の1986年の時よりもっと観測性能を上げた宇宙背景放射探査衛星WMAPを打ち上げた時に、プリンストン大学の関係研究職に籍を得て、疑問の解明に取り組んだ。開闢後38万年といえど、今の

年齢の開闢後百数十億年(当時の推定)に比べたら宇宙はまだ生まれただけだ。WMAPがつかんだ開闢後38万年の残光つまり、今のマイクロ波を精密に解析すれば、利那のインフレーション期なるものの真相も少しは垣間見られるかもしれない。22人の研究者から成る多国籍のWMAP解析チームが米側に編成され、希望通りに小松氏は問題のインフレーション理論の検証を担当でき、そのためのグループも組めた。WMAPの膨大なデータを小松氏のグループは精密に腑分けし、取捨選択した。WMAPのデータとインフレーション理論の間に矛盾はなかった。が、その結果、「怖い物」を小松氏はデータを通して見てしまった。

2009年に欧州宇宙機関(ESA)もプランクと呼ばれる宇宙マイクロ波背景放射観測の衛星を打ち上げた。この関係の観測機としては米国の2機に続く3番目だが、より高感度の観測装置を備えている。日本も宇宙開闢のインフレーション期に発せられた重力波を探検し、開闢期の謎を解明しようという衛星(LiteBIRD)を高エネルギー加速器研究機構(KEK)と宇宙航空研究開発機構(JAXA)が諸機関と連携しながら数年中に打ち上げる。

創世記から始まるキリスト教の旧約聖書は、詩篇104で「主は地をその基の上に据えられた。地は、世々限りなく揺らぐことがない」と謳っている。これに従ってキリスト教は天動説を掲げてきたとする解釈が一般的だが、これを天文学に関する表現とみることは無理があるし、仮にもそれが天動説を指すとしたら、聖書は天体の運動について虚偽を振り撒いていたことになる。



佐藤勝彦さん 自然科学研究機構長 1945年、香川県生まれ。京都大学理学部卒、同大博士課程修了。同大助手、東京大学教授などを経て現職。仁科記念賞、紫綬褒章受章

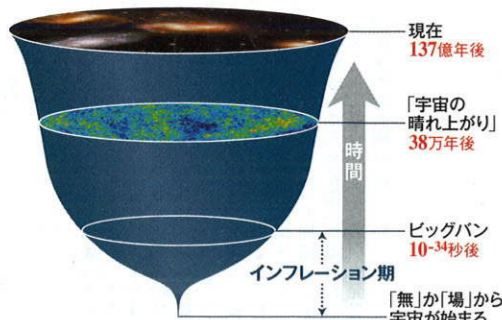
インフレーション理論を提唱した佐藤勝彦氏 時間と空間は、無の揺らぎの中から生まれた

この宇宙をまた作る実験はできなくても、宇宙の始まりを物理学を使って究明することはでき、これも科学です。時間も空間も、従って物質もエネルギーも何もない無が実は揺らいでいて、その無の揺らぎの中から時間、空間が生まれたり消えたりしている。と理論的には考えざるを得ない。その空間は10のマイナスイオンという極微だが、そういうものが幸いにも「イ

ンフレーション」(本文52~53ページ参照)に成功し、このインフレーションが終わるときに熱エネルギーが生まれ、いわゆる「火の玉(ビッグバン)」宇宙になったということ。物理学での無とは哲学での無とは違い、確かに時空も何もないのではあるが、仮定として物凄い顕微鏡で見たら、その無の中で時空が生成消滅を繰り返していることが分かるのではないのでしょうか。

「「とんでもない話なので、すぐに信じちゃいけないとは思いますが」

開闢利那のインフレーション期にその後の宇宙のエネルギー分布まではつきりしていたことが宇宙からのマイクロ波を通して明確に読み取れ、それによると、どこにどういう銀河や星が現在のように位置するかまですべて定まっています。人類を生み出す自然条件も含めて地球の誕生も予定されていたとしか考え



られない中身のマイクロ波だったというのだ。つまり、「この世」が生まれた時に「この世」のその後の何から何まで決定済みだった、ということなのだ。

137億年宇宙年齢や、暗黒エネルギー73%、暗黒物質23% (参照)、すべての天体や地球の人間、動植物なども作っている全元素は合わせても4%といった宇宙の組成も、小松氏のグループが算出し、発表されており、そのWMAPデータの解析力は卓越している。科学者の法は超えまいと小松氏は言葉遣いも慎重だが、「とんでもない話」でも、データの解析から得られた以上、信じた方がよさそう。

話を進める。では、この「10の34乗分の1秒」のインフレーションへと進化した元の極微の「場」とは何か、それはどこからどう生じたのか。

そもそも「無」とは

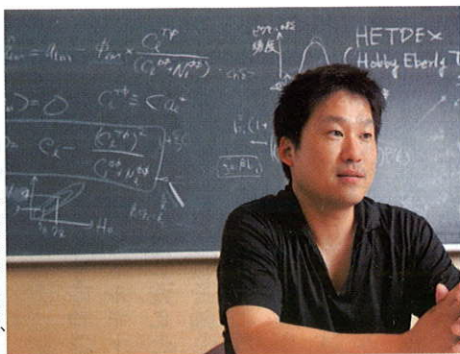
小松氏は答える。「その『場』とは何か、その『場』の前は何か、はまだ分からない。その前も時間と空間があったなら無ではないが、宇宙は時間も空間もない無から創成されたと言っている人もいます。しかし、それは実験で証明できない。米国のWMAP衛星での観測は、一つの

宇宙の理論を積み上げてきた先人たちのアイディア、ケプラー、ニュートン、コペルニクス、ソクラテス(右上から時計回り)



お話でしかなかったインフレーション理論を科学にした。物証はなくても、それは正しそうだという状況証拠はつかめた。いまや、このインフレーション理論を外して宇宙の起源は語れない。では、インフレーションはなぜ起きたのか。その前は何かあったのか。その根源的な所にも、科学の力で辿り着けるものなら辿り着きたいが」

何らかの「場」からインフレーションが起きたとして、その「場」とは何だったのか、その「場」は、どこからどう生じたのか。どうして、この大宇宙がその極微の「場」から生じ得るのか。ましてや、その「場」の前が無であるなら、いよいよなぜ無から「場」が、つまり有が生じるのか。そもそも無とは何なのか。時間も空間もないXというなら、それは空想すらできない。空っぽの空間を無というなら分かるが、時空がないというXとは、人の思考の範囲外としか言えない。さらに、インフレーションの時、そして、その後のビッグバンの後も宇宙は膨張しているとされるが、その膨らむ宇宙の周り、あるいはその向こうは何なのか。その「無」についてケプラーPMUの片山伸彦副機構長は、



小松英一郎さん 1974年生まれ。東北大学大学院博士課程修了。宇宙マイクロ波背景放射の観測プロジェクトに参画。科学論文の被引用数で2007、09、11年に世界トップ

「観測している中で、無だった以前の痕跡が残っているのを発見するかもしれない。僕たちが観測しているのは、(宇宙が生まれて)38万年前後経って宇宙が『晴れ上がった』時の光(今はマイクロ波)だが、そのパターン(型態)に無や無の前が埋め込まれているかもしれない」と語るが、それに成功したら、先のXが科学では解明されたことみなされ、人類史的偉業となる。興味深いのは、インフレーション理論を佐藤勝彦氏と独立に発表した米国のグース氏が著作「なぜビッグバンは起こったか」

ケプラーは、天動説ではあったが卓越した天体運動の記録者だったデニッシュのティコ・ブラーエ(1546~1601年)の観測結果を吟味しつつ、惑星の運動の3法則を発見した。第1法則は「惑星は太陽を一つの焦点とする楕円軌道を描く」、第2法則は「太陽と惑星を結ぶ直線は一定時間に常に一定面積を描く」、第3法則は「惑星の公転周期の2乗と太陽からの平均距離の3乗は比例する」。ニュートンの万有引力発見に大きく道を開いた。

photo 写真部・外山俊樹(上)

(訳書は99年早川書房刊)でこう書いていることだ。

「無からの宇宙出現を記述する試みは(略)、科学の領域を拡張する刺激的な営みだ。(略)(しかし)一つの深い謎が残る。何が(その)物理法則を決定したのか(か)か(か)内は当方が記人

真理解明こそ人の知恵

古代ギリシャの哲人ソクラテス(紀元前469年ごろ~紀元前399年)が、世を騒がせたとして刑死させられる直前に弟子などと対話した。このテーマとも無関係ではないその時の内容が、弟子の一人であるプラトンの著作『パイドン』の随所に記録されていることを、ソクラテスの研究者の村井実慶(慶応大学名誉教授)が教えてくれた。例えばこうである。

「若いころ、自然の研究とよばれるあの知識を求めたことに、それはもう、たいへんに熱中したことがあった。(略)(しかし)こうした研究のために、ぼくはすっかりめくら同然になって、そういつ、以前は知っていると信じていた事柄までも、さっばりわからなくなってしまうのだ」(『筑摩世界古典文学全集第14巻・プラトン1』、筑摩書房刊)か(か)内は当方が記人

人間についての示唆深い言葉だが、一方で前出の国立天文台の梶野准教授は、

「『ある原理』が働いて無からこの宇宙が誕生したとなると、宇宙の一部の人間もその『原理』のためにやがて消える。この絶対的条件の下でも、ニヒリズム(何事も無意味と思うこと)

彼はいったい何者だったのか

中世、欧州の辺境にしながら、人類の宇宙観を転換させた。彼のような大科学者が、なぜ日本に出現してこなかったのか。いや、その芽は江戸期にもあった。そして、いまもある。

出でよ、コペルニクス

もちろん、黒板に綴られる数式は分かるはずもないが、千葉県柏市の東大カプリ数物連携宇宙研究機構(カプリIPMU)51ページ参照)の、午後3時から1時間ほどの、吹き抜けの大広間でのティータイム(お茶の時間)は興味深い。

いま、この先端的研究機関の専従研究員は70人弱、他との併任も含めると約180人だが、その6割以上が外国人で、この「公用語」は、ティータイムも含めて英語だ。お茶を飲みながらの談笑もあれば、何人かずつがあちこちの黒板の数式を前

地動説には異端審問

人類のものの見方を根本転換させたニコラウス・コペルニクス(1473~1543年。ドイツ系ポーランド人)の地動説くらしいの巨大な科学的成果は、「偶然」という例外を除けば、驚き・疑問、執念、他からの刺

も小松氏はドイツで挑戦することになるだろう。WMAPデータの解析はまだ続いているし、宇宙開闢をさらに究明しようとする新衛星は欧州とNASAの共同事業ですすでに打ち上げられている。日本にも、後になるがその関係の衛星を打ち上げる予定がある。

鎖国の時代にも偉才が

西洋、ひいては世界の近代の誕生は、1543年(ポルトガル船が種子島に漂着し、鉄砲を伝えた年)に、地動説を書いたコペルニクスの『天球の回転について』全6巻が出版されたことと象徴される。ここが起点となつて、太陽系惑星の運動3法則を発見したヨハネス・ケプラー(1571~1630年)、万有引力のアイザック・ニュートン(1642~1727年)、そして相対性理論のアインシュタインへと続き、宇宙探究の西洋独占が進むが、ほとんど地続きの欧州各地が互いに刺激し合った影響、効果を抜きに、科学の西洋偏在は論じられない。コペルニクスは古代ギリシャの天文学者アリスタルコス(紀元前310~紀元前230年)の地動説をラテン語訳を通して知っていたようだが、彼のすこさは、それを見て見ぬふりはしなかったことだ。アリスタルコスより約300年も後に、やはりこしいが緻密な天動説をやはり

ギリシャの天文学者クラウディオス・プトレマイオス（83年ごろ〜168年ごろ）が唱え、天体運動の説明としてはそれなりに合理的だったので、天動説の決定版としてそれは西洋を、千数百年にもわたり縛り付けた。盤石と見えた支配学説だったが、天体の各種運動の説明が作偽的なことにコペルニクスは疑問を抱き、当人もカトリック教会の聖職者だったが、天体観測をやらめず半世紀近くかけてプトレマイオス説を覆した。

一方、地理的にも鎖国のためにも世界からほとんど孤立していたのが江戸期の日本だったが、強烈な科学心の、コペルニクスの芽生えのような偉才は各地にいた。天文分野に絞っても、初め九州・豊後国の杵築藩（ほぼ現在の大分県杵築市）で1年後の日食を、脱藩した先の大坂（当時の書き方）でも8年後のそれを、精密な観測に基づいて、蝕の形まで正確に予告し、杵築大坂の人々を驚嘆させた麻田剛立（1734〜1799年）の

存在を、文明史の三宅正樹明治大学名誉教授は重視する。

底深い日本の科学力

とくに剛立が、ケプラーの惑星運動の第3法則（参照）と同様の研究結果を本人の著書『五星距地之音法』に残していることを、ケプラーに準じる業績と三宅氏はみる。

さらに三宅氏は、一般にはほとんど無名だが、宇宙論にも通じる原子物理学の分野で、戦前の1930年代に若くして世界

水準を超える研究結果を出していた彦坂忠義・東北帝国大学理学部副手・助手（1902〜1989年）も、日本の科学力の底の深さを示す一例と考える。

彦坂の原子核理論（殻モデル）は、当時の世界の支配的な核理論（液滴モデル）とは異なるために米物理学会誌への掲載を拒まれた。1937年に来日し、東北大も訪ねた世界的物理学者でその液滴モデルの提唱者のニールス・ボーア（1885〜1962年）からも嘲笑的に否定

された。ところが後に、彦坂モデルと同じ発想の核理論で独米の物理学者2人がノーベル物理学賞を受けた。

冒頭のティータムには、51ページの小松氏の顔も見えた。このティータムの面々からコペルニクス級が出たら、それが何人だったとしても、日本が寄与したことに変わりはない。宇宙開闢のインフレーション期を、宇宙マイクロ波背景放射の衛星観測データの解析によって検証する重要な役割を米側は、日本で大学院博士課程を終えたばかりの若い日本人（小松氏）に任せ、大きな成果を得た。この件では、小松氏とともに米側の見識も評価されている。

加えてコペルニクスの人生を追跡していると、不思議なことに気付く。前出のブルーノが焼き殺された一方で、コペルニクス自身は、カトリック教会の聖職を地元でこなす傍らではあるが、生涯にわたり天文の観測研究に身を投じ、地動説を確信し、発言し、執筆し、それを少なくとも彼の居住地方面（ポランド北部）のカトリック教会は止めるどころか見守った。コペルニクスによる時代の転換には、以上の意味でカトリック教会も大きく寄与している。

蔵王山系に観測小屋 世界屈指の 「超新星」発見者は 山形市にいる



板垣公一さん(64)

従業員30人規模のバターピーナツ製造会社を
経営する傍ら、日本では同時期最多、世界でも
屈指の78個も超新星を発見した

凹面鏡の直径が60センチの反射望遠鏡を一つ、50センチのを一つ、21センチのも二つ備え、寝泊まりもできる観測台を蔵王山系の山林の借地に建てた。曇天の冬の対策として、栃木県高根沢町の土地も借りて観測台を作り、30センチの反射望遠鏡を2台常置した。

子供のころから板垣氏は理系の話なら、天文に限らず何でも大好きだった。小学生の時にとりわけレンズに関心を持った。中学生になると、小遣いを貯めてレンズを買い、望遠鏡を組み立てて星を見た。そのころ新聞に19歳の青年が超新星を発見した記事が載り、自分も続こうと決意した。

大学に推薦するぞと高校の先生は言ってくれたが、家業のこともあり、社会人として天体観測を自由にやろうと思った。家業への勤めを始め、月給が1万円だったころ、貯めに貯めて当時の値段で16万〜17万円した直径15センチの反射望遠鏡を買った。

超新星は、寿命がきて大爆発し、際立って輝く、太陽と同様の恒星のことだ。板垣さんが発見した超新星には、2年の間を置いて2度爆発したものがあるなど学問的にも貴重なものが含まれ、学者の論文も何本か生まれた。あの辺を覗てくれないか、と学者からの要請もくる。

蔵王山系の観測小屋の一室