

# 「砂粒を数える人」

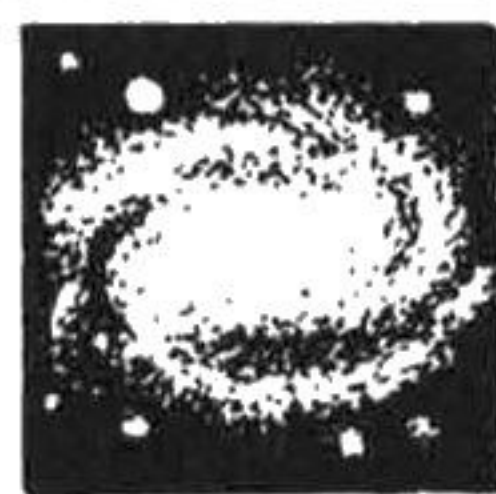
——巨大な宇宙の片隅で——



1987年2月24日、チリのラスカンパナス天文台で、一つの超新星の爆発が観測された。人類史上、超新星は何度も経験されてはきたし、中には夜でも地上を明るくさせる程、巨大なものもあった。地上で超新星の爆発が観測されるのはおよそ100年に一度だと言う。しかしこの度の爆発は少しばかり今までのものとは異っている。それは確かに突然現れたのだが、人類は過去最高の準備を整えて、迎えることができたのである。

気持の良い航海が何日か続いた。山の様な波濤と海風の咆哮はあの夜の闇に吹いこまれてしまった。海図を出してみると、今あたかも世界の真中を突き進んでいるかのようだ。否、羊皮紙の染み一つに過ぎない、大洋の果てをさまよっているかにも思える。何れにせよ、板切れ一枚に身を包み、濃紺色の闇中に突き入る旅はまだ始まったばかりなのだ。岸遠き洋上の空は見馴れぬ星が輝き、熱く湿った風が船体を揺すぶっている。無涯の彼方からやってくる光は何を語りかけているのだろうか。

## 4月15日 地球



この日を、一体いつ頃から待ち続けていたのだろうか。ついに空へ旅立つ時がきた。同じ地で同じ時流を生きてきた卵の中から、始めて時空の果てへ旅立つ雛が育ったのだ。これまで一つだった歴史が、これをもって別れていくだろう。長い旅路

の末（あるいは来月）再び時と地が変わることもあろう。そしてその時もきっと彼らの子孫が我々を温かく迎え入れてくれるだろう。

＊

澤岡 昭 工業材料研究所教授

「私は7年前から副業的に、宇宙開発事業団の嘱託として、FMPTと言うんですが、宇宙材料実験の裏方をやっています。4000億円かけて宇宙ステーションを造って、そこで20年間、90日交替で物質や材料、天体観測、ライフササエンスなどの実験をやっているというプロジェクトなんです。10年後の科学と技術を予想して、重量のない空間での物質や材料実験のプログラムづくりをやっているんです。今は各国がGaAs, InPとかの化合物半導体の研究をしているけど、複雑な組成となるとなかなか大きくて均一なものができない。それを宇宙でやりたいっていうのでね。これからの宇宙での材料研究というと、例えば炭素を含んだメタンガスを分解してダイヤモンドの膜を作るこ

ととか。地上ではおきる対流がないので、より完全な、つまり熱伝導性がすばらしくいい膜を作ることができるんですね」

「学問っていってもね、仕事だから毎日が楽しくないとね。性に合せて興奮してやれば良いと思うんです。大層なことじゃなくって、おもしろくって、多少とも人のためになってればね。人のやらないようなことがおもしろいんですよ。私が手がけている突極の材料を開発するという仕事は本来、何十人もの人や多額の費用を必要とするんです。ところがそれをお金をかけないで、人のやらないところをやってきました。同じものでも僕から見ると、おもしろい抜け道がある。ちょっとやってみるとおもしろいテーマがある。そんな風にしてやってきました」



## 5月4日 火星



次第に小さくなりつつある火星の乾いた顔の向こうに、暖たかな太陽に照らされ、鮮明な藍色に染みた惑星が映し出されている。緩やかに回るその姿には生命の香りが充ち溢れ追懐の思いを呼びおこす。

\*

松尾 禎士 化学科教授

「僕にとっては“起源”というのが主要な関心事なんです。海がいつできたかっていうことについての一種のシナリオ（理論）を描いてみたいっていうのが一つの目標でね。地球の進化を考える上ではそのスタートポイントまでは、京大の林忠四郎先生のグループのシナリオが与えてくれる。その後の溶けた地球から生命の発生までが、興味を中心なんです。生命が発生するには海がないとだめ。いつ海ができ、いつ抗生物質やDNAができたか。低分子がどうして高い濃度になっていったかを考えていってます。」

「純粋な水の臨界温度は 374 K, 211atm, それ以下なら液体の水ができる。もしそういう状態があれば水ができ、岩に溜る。そして高温なの

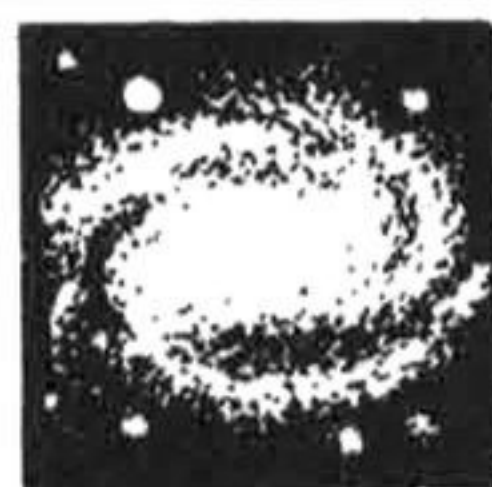
で素早く岩と反応し、NaClの濃度が高くなる。濃度が1molぐらいになると臨界温度は 400 K, 250atm ぐらいになるんです。そうすると高温でも液体になりやすくなる。その分水蒸気はたくさん必要だけど。そこで海ができるのに必要な水蒸気の量が、地球の表面積から計算できて、今の地球全体の水の80%が外に出てればよいとされてます。海ができるというのは地球の進化には非常に大切でね。おもしろいことに金星は過去地球と同じくらいの水を持ってたらしんですね。ところが太陽に近く、紫外線で分解され、H<sub>2</sub>は逃げてしまい、O<sub>2</sub>は表面の酸化に使われたようです。マリーナの写真では金星の表面は赤さびだらけだった。それは地球と同量の水からできた酸素が鉄を酸化したんだと考えられています。」

「海ができたのは結構早かったという意見が強いです。地球ができて6億年ぐらい、それから生命発生までが20億年から30億年、10億年という人もいます。その間に低分子の化合物から高分子へどうやって転化していったか。それが今後何十年もの研究課題になっていくでしょうね。」

「起源や進化を考えるのは極めて大きな問題でね。5, 6年じゃ論文

にならない。一人で暇な時にゴチョゴチョ考えてるんですけどね。そういう時感じるのは、サイエンスは所詮人間の好奇心の追求の現れでしょう。起源や進化を議論するときには必ずしも証拠があるとは言えないんですね。例えばダーウィンの進化論だって直接の証拠はない。普通は物質的証拠がなければサイエンスではないという。だけど進化や起源を考える中では証拠がなく、全て恣意的産物だったりする理論が恐ろしい勢いで人々に受け入れられていったりする。例え物質的証拠のない、証拠が探せないようなものも、人間の好奇心の対象である限りサイエンスの対象になると思うんです。私のやってることは証拠に基づかない、数量にも結びつかないところもある。しかし好奇心の追求は社会のニーズだと思うんです。一見曖昧で無利得に見えるものもサイエンスとしていいじゃないかと。人間これをやるために生まれてきたと思えることはすばらしい。そういう人間の営みとしての学問、サイエンスを認めることこそ重要だと思うんです。」

## 7月21日 太陽系



我々の故郷を遠く離れて始めて見る太陽系だ。これまで信じられていた夢が現実となったのだ。太陽によく似た恒星の回りを色とりどりの惑星が巡っている。今私が目にしている光景は、未知の新たな美しさだ。二つ目の太陽系の向こうには茫然とした空間が広がり、銀河の帯が横たわっている。そこにはどれほどの生命が息づいているのだろうか。

\*

中沢 清 一般教育・地学教授

「私は、大学院の頃は恒星の進化

をやっていたんですよ。星の形成や爆発、死をね。その理論もだんだん概略が見えてくるし、70年代に入ってから、宇宙の進化の枠っていうのもだいたい分かってきて、じゃあ次は太陽系だと。分かったっていつてももちろん大筋ですけど。太陽系については古い理論はあったけど、現代的な物理や化学のプロセスを考えたものは全くなかったからそっちへ突入したんですよ。もっとも実際は、私の先生で、林忠四郎先生という偉い先生がいらっしゃって、太陽の起源をやっていたんですよ。それで手伝ってくれて言われてのめり込んでいったっていうところかな。」

「太陽系の進化を考えていく中で現在の惑星の性質をいかに説明するか。そこで多くの方は失敗してたんです。小学生でも知ってるような太陽系の性質を説明するのが難しい。例えば集積の結果として予想される地球と現在の地球とをどこまで一致させられるか。条件さえ与えれば必然的に地球も水星も木星もできるということを書き表わそうとしていて、現在京都モデルと言われるシナリオを作りあげることができたんです。なにせ実験、観測のない世界でね。太陽系っていうのも我々のところしか知らないわけだし。そこが難しく、科学とも哲学ともわからん時



代が長かったね。」

「京都モデルでね、一応筋をつけられたわけだけどまだまだインチキ臭い。近似とか簡単化が多くてね。モノとモノの衝突確率の計算にしても、大胆な人は二体問題として解くけど、これがいい加減なのは自明でね。太陽の重力場の中なんだから三体問題でしょ。一般解がないから、そこを計算機と天体力学の摂動論から攻めて行って、やっと最近になって衝突確率が計算できるようになったんです。もう一つは、太陽の回りを10兆個ぐらゐのモノが回っている状態を考えると、統計物理学の世界

なわけでね。これらをきちんと扱わないと、シナリオは完成しないんです。まだ観測と比較するには粗すぎる。もっと理論をグレードアップしないと。立証的科学にするにはまだまだだね。そのうち火星の内部構造まで予想して、惑星探査でそれを確かめられるようになるかもしれないけど。」

「この先僕個人としては、地球ができてから今までで一番分かってない空白の10億年を追ってみたいなと思ってるんです。原始地球、原始大気、海洋の状態が分かってきてる。ケミカルな方へ転向して、その辺を

やってみたいなと。」

「僕は太陽系は自然が与えてくれた巨大な実験室とみなしてるのね。超高真空、超高压などなんでもありませんからね。地球上では物理になりにくい、重力の相互作用の実験室にもなってる。宇宙はある意味で極限状態にあるからね。どんなものでも探ることができる。今や極めて広い分野の物理で、進化という概念でまとめようとする動きがあるんですがずっと進化と交わってきた僕にとってはおもしろい傾向に思えますね。」

## 11月22日 銀河



ここまでに私達は数知れない星々を通り過ぎてきた。二連星から中性子星、ブラックホール、赤色巨星、白色矮星や超巨星もあった。さまざまな星の生涯を見てきたのだ。そしてはるかに想像を超える多くの現実立ちすくみ、宇宙の真理を覗いてきた。旅立ちからまだ数ヶ月を数えたただけだが、まるで気の遠くなる永遠とも思える時を突き抜けて旅してきたかのような錯覚に陥る。

＊

垣本 史雄 一般教育・物理助教授

「宇宙には $10^{20}$ eVもの高いエネルギーを持つ粒子が存在している。それがどこで、どうして加速されたのか、それを明らかにするのが第一の興味だね。高いエネルギーにおける相互作用もテーマにしている。宇宙線の起源では、1983年に白鳥座のX3っていう星から $10^{15} \sim 10^{16}$ eVの一次 $\gamma$ 線が見つかったんです。 $10^{15} \sim 10^{16}$ eVという値はまだ確立されたものではないのですが、 $10^{12}$ eVまでのX線や $\gamma$ 線しかそれまではみつかっていなかったの、そこまで高いのはちょっと特異でした。低いエネルギーの $\gamma$ 線は電子の磁場の相互作

用で説明がつくんですが、 $10^{15}$ eVくらいになるとライフタイムが短く、すぐなくなってしまうんです。そういう高いエネルギーの $\gamma$ 線はプロトンや原子核が加速され何かの物質と反応し、 $\pi$ 中間子が作られそれが2つの $\gamma$ 線に分かれるというものしか考えられない。宇宙線の起源となる天体がたくさんみつかり、このような特異な天体の物理ばかりでなく $\gamma$ 線の経路によって空間の磁場などの状態が分かり、宇宙物理に役立つことになるでしょうね。」

「また緊急な問題として、大マゼラン雲の超新星、スーパーノヴァが出現したこと。京都大学の佐藤文隆先生が予言された『スーパーノヴァがおきて半年ぐらゐで、非常にエネルギーの高い $\gamma$ 線が出る可能性がある』ということを確認するために、宇宙線物理の人間は躍起になってるところなんです。その $\gamma$ 線が $10^{14}$ eVぐらゐと考えられてます。この度のスーパーノヴァは我々の歴史上始めて、爆発からずっと観測することができるんです。超新星そのもののことや、その中に中性子星ができるかブラックホールになるかなどいろんな情報が得られる。素粒子物理に対しては、吹き飛ばされた物質や伴星の大気との相互作用が起きるところ

から、まだ発見されてないグラヴィティーノ、フォティーノが発見され超対称性理論の証しを提供する可能性があるんです。また $11^{16} \sim 10^{17}$ eVの高エネルギー $\gamma$ 線は加速器では作れないから、高エネルギー領域で量子電磁気学の検証ができる可能性もありますし。」

「これからの宇宙線物理は他に対する数多くのインプットが期待されてます。ある意味でこれからどんどん開けていく分野でしょうね。まだ予測のつかないものがいっぱいあるんです。何を観測しようとするかによって、解析手段から探らなくてはいけないんです。例えばアキシオンという粒子を観測しようとして、その結果信号が得られない場合、そもそも存在してもいないものに多くの時間と労力を費してしまうことになります。僕に言わせりや精密でないだけ物理学のロマンが残っている学問じゃないかと思うんです。」



# 12月31日 小宇宙



船窓からはわが銀河系が、その雄大な全容を現し始めていた。これから我々ははるかな未来への旅路につこうとしている。数週間前、母なる大地、地球のあった太陽系に戻り、旅立ちの頃とはすっかり変貌した太陽に別れを告げ、この銀河系を後にした。やがて銀河系も前方の空間に飲み込まれ、スターボウが行く手を照らすかのようにきらめいている。地上では数万年で息絶えた人々は、数多くの種を空に飛ばし、数百億年の生命を咲かせたのだった。

＊

手嶋 政広 一般教育・物理助手

「神岡鉱山の研究所に行ったその日にニュースを聞いたんだよ。2月25日ぐらいだったかな。爆発したと分かった次の日ぐらいに夜行で行ったんだ。超新星が爆発するなんて、100年に一度ぐらいで300年ぶりだっていうんで、信じられないくらい興奮したね。もし超新星の爆発がおきたらニュートリノのバーストがおきるっていうことは言われてたけど、

そんなこと実際におこるとは考えてなかったし。ギャンブルだよな。神岡鉱山のグループにはそんなに強く関わってたわけじゃなくって、これからもう少し関わろうかなって思っていたけど、他に仕事があったから。でももっと深くやってれば、そのニュートリノのデータを実際に自分で解析できてたらと残念だったなあ。神岡鉱山では爆発してから1、2週間はもう大騒ぎで、朝から晩までその話ばかりで、実際にニュートリノがつかまるとつかまらないとか。僕も寝ても覚めてもそのことばかり考えてたね。」

「やってきたニュートリノが数秒にかたまってるんだけど、16万光年彼方からやってきてかたまってるのは、ほとんど同じ速度で来たということで、もしニュートリノに質量があればエネルギーに分布ができて、速度がばらつく。それでニュートリノの質量に制限がつけられる。それにニュートリノの寿命が16万年より長いっていうこともはじめて分かったんだ。」

「ニュートリノ物理は今からもっと盛んになるだろうけど、10年～20年も

すると今度は重力波がリゲインされてくる。ニュートリノや $\gamma$ 線は核反応で出てくるけど、重力波はものすごい質量が運動しないと出てこないわけ、物質そのものの動きを見ることになる。今でもいろんな観測のプロポーザルは出てるんだ。僕もやることになるだろうけど、自分のアイデアでやりたいね。その方がやる気も出るし、忙しいほどおもしろいものが考えられる。仕事をやる上で90%は今の仕事、10%は新しいことを考えるっていう感じで。宇宙に関する情報はこれからものすごい勢いで増えてくだろうね。2000年になると重力波がつかまって、宇宙の果てぐらいまでスペーステレスコープで見えて、宇宙のオリジンもかなり分かってきてるだろうな。1930～1940年に素粒子が見つかって、どんどんミクロな世界が広がっていったけど、これからは宇宙へ延びていく。物理の実験場がどんどん宇宙に広がっていくだろうね。」

薄気味悪い竜灯の青白い光も、空の明るみに覆い隠され、陽光は金色の水沫を飛び散らせ始めた。甲板はいつもの様に活気づき、にわかに人声が高くなる。鷗も眼を覚まし、哀しい鳴き声と共に舞う。今晚は久々の寄港だ。海に棲み、海に眠る暮らしの彼らも陸の臭いを恋しく思っているのだろうか。

人類ははるか昔から宇宙を見上げ続けてきたが、未だその多くを知らない。1987年のスーパーノヴァの与えてくれる多くの情報が、我々の宇宙への旅の大きな一歩となることは明らかだろう。小さい頃、思い描いた異星人の姿や宇宙の果てのことなど。尽きぬ宇宙への思いが、意外に

早くその神秘を解き明かしてくれるかもしれない。もしかすると我々は人類の宇宙への歴史の、最もドラマチックな時代を生き、形成していくことになるのかもしれない。

——私自身にとって私は浜辺で遊ぶ少年のように思われる。私は時々滑らかな小石や、普通より美しい貝殻を見つけては楽しんでいる。しかし真理の大洋はすべて未発見のまま、私の前に横たわっている——

Isaac Newton