

## 林太陽系の日々系外編 中澤先生に聞く(上)

中澤 清<sup>1</sup>, 小久保 英一郎<sup>2</sup>

2010年2月28日に他界された林忠四郎京都大学名誉教授を偲び、「林太陽系の日々」のタイトルで日本惑星科学会誌 Vol. 19, No.4 ~ Vol. 20, No.2に3回に分け、中澤清東京工業大学名誉教授に「林先生の人となり、林研究室の日々の生活」を執筆いただいた。計3回の記事は非常な反響を呼び、まだまだ中澤先生の頭の中にあるであろう林先生とのエピソードの数々、中澤先生の研究に対する姿勢を語って頂こうという目的で、「遊星人」の小久保編集委員が中澤先生と対談した。その内容を2部に分けて順次、掲載することとする。(敬称略)

### ■「遊星人」始まって以来の反響

小久保 連載3回、ありがとうございます。書いて頂いた記事がものすごく好評で、3回で終わってしまっただけで残念と言われたり、もっと続けて欲しいと言われていたりするほどでして、多くの反響が寄せられています。そこで、もっと中澤さんからお伺いしておくべきではないかと思ひまして、「林太陽系の日々」の番外編として対談をさせていただくことになりました。

中澤 あれ以上書くような内容は何も無いですよ。

小久保 大丈夫です。書いていただくわけではありませんので。

中澤 それはそうですけど、それは同じですよ。頭の中に入っていないのですから。

小久保 いえいえ頭にはまだまだいっぱい入っているはずなので、それを今日は少しずつ聞かせていただければと思います。連載では当時の林研究室といいますか、今ではあまりないような雰囲気伝わってきて当時の研究室の様子を知ることは貴重でもありますし、当時はこのように教育していたのかということが分かって驚かれる方もたくさんいらっしゃいました。現在ある人脈がどのように形づくられてきたのかも知ることができました。連載をお願いして断られ断られしま

したが、諦めずに連載をお願いして非常によかったなと思っています。

最初にお願いしたのが2010年の5月でしたでしょうか。そして林忠四郎先生を偲ぶ会(5月16日、京都プリンスホテル)でお会いして改めてお願いをしましたけど了承を得られなくて、結局、その夏ぐらまでメールでやりとりして書いていただくことになりました。なぜ、最終的に折れたというか、書こうと思われたのでしょうか。

中澤 端的に言えば、小久保さんの詭弁に負けてしまったからです。日本物理学会誌[1]、日本天文学会誌[2]で林先生追悼のための特集が組まれましたが、林先生の業績面に重点が置かれていて、林先生ってそれだけではないよね、という思いがあった。伝統ある学会誌の追悼文はスタイルが定まっていて、こうならざるを得なかったのでしょうか。それにあなたが「先生の人となりを中心に……」と強調していたこともあって、じゃ、書いてみようかと思ったわけです。

小久保 結局、3回にわたって書いていただくことになりました。

中澤 実は1回目の原稿を起こしたときに3回分、書いていたんです。この段階では2回目、3回目は大まかにではありますが、原稿は締め切りぎりぎりにお渡ししましたが、最初からどこで何を書くか、何をどこまで書くかという範囲をはっきりさせておかない

1. 東京工業大学大学院理工学研究科

2. 国立天文台理論研究部

と1回目が書けないので、ですから連載は長期間にわたっていますけど実質2週間ぐらいで書いたものです。

小久保 では最初の段階で相談して3回ぐらいになるとおっしゃっていたときには、ほとんど内容は決まっていたということですか。

中澤 まあ、そうですね。

### ■ 3回の記事は記憶をたよりに一気に執筆

小久保 手元には何も記録を残していないとおっしゃっていましたが、基本的にはすべて記憶を元に書かれたのでしょうか。

中澤 すべて記憶に頼ったものです。ただ、昔の仲間には当時の資料をいまだにもっている人たちもいて、彼らから資料を送ってはもらいました。ありがたいことにクイックレスポンスで送ってくれて、それで確認してみて、記憶とはあまり違っていませんでしたので、安心はしました。

小久保 3回目の最後のところでも少し触れられていますが、「林先生が発し続けた若い研究指導者、若手研究者へのたくさんメッセージ(語録)を紹介しきれていないことである」と残念がっていらっやいますが、書き足りなかったということがあるとするとどういところでしょうか。

中澤 いろんな言葉を思い出さんです。林先生が院生室にきてこういうことを言っていたなど、思い出さなくても、いったい誰に対して言った言葉なのかが思い出せない。

小久保 覚えていらっやる例とかはないですか。

中澤 正直言えば、差しさわりがあって書けなかったこともあります。「彼の論文のあの書き方はないよ、構成はこうしなきゃだめだよ」とか、どうしてそうしなければならぬのかということについても細かな説明があったことを何となく覚えています。

小久保 杉本大一郎先生(東大名誉教授)も林先生の語録をまとめておられるみたいで、すでに林先生の記念講演とか神戸大学惑星科学研究センター(CPS)の講演会とかで院生向けに話したりしているらしいです。それを「遊星人」で書いてくださることになっていますが、格言みたいな形で、林先生が、かくあるべしとおっしゃっていたというわけではない?

中澤 格言みたいな形ではないですね。もっと、もっとと具体的でした。

### ■ 盆も暮もない林研究室

小久保 院生は盆も暮もないとかそういう話をきいたりしますが、林研究室では、ずっと研究してないさということだったのでしょうか。

中澤 それはそうですね。

小久保 でも1年のうち65日は好きなことをしてよかったわけですね。

中澤 日曜日はね。祭日を含めて。成田君(元同志社大学理工学研究所教授)から聞いた話だけど、林先生の退官後に京都大学物理学教室の部屋でセミナーを毎週開催していて、「12月末のセミナーはどうしますか」と林先生に聞いたそうです。すると「きみ、今日の1週間後だよ」。「先生、1週間後って31日ですよ、31日もやるんですか」。「なんでやめないかんの」というやりとりがあったらしい。

小久保 でも、中澤さんも、そういうことは踏襲されてましたよね。僕がよく聞いているのはクリスマスとかにゼミを設定して、まるで院生を試すかのように開催していたとか聞いていますけど。

### ■ 太陽系のことを知らなかった

小久保 林研究室に入ったときに研究するテーマはいろいろあったと思いますが、中澤さんが太陽系の起源を研究するきっかけは何だったのでしょうか。

中澤 林先生の脅しですよ(笑)。もともと東工大にいたときは核理論を勉強していて、核反応とかにかかわりの深い元素起源や超新星の手前の星の進化の最後のあたりの研究テーマを与えられていました。その研究をそのまま続けるものと思っていたのですが、林研究室では太陽系の起源の問題で、あなたがやっているような重たい軌道計算を、当時の計算機からすればめちゃくちゃ重い計算をしていたので、「おまえちょっと手伝え」ということになり、それで太陽系の起源の研究を手伝うことになったのです。初めは2年、3年と期限を切つてということだったのですが。

小久保 それはいつごろのことですか? もう京大の助手になっていたころですか?

中澤 なっていたのじゃないかな。

小久保 期限を区切るというのは？

中澤 だって太陽系のことは何にも知らないしさ。

小久保 それで、なぜ、その後、太陽系の起源の研究を続けることになったのですか？

中澤 太陽系の起源の研究の計算機要員だったわけですが、サイエンスの中身がわからないとプログラムが書けないということが分かったわけです。どんな精度でどれくらいの年月をランしなきゃならないか。「この微分方程式を解いてくれ」と、そう言われてできるものではなかったで、仕方なく、日下君(金沢工業大学教授)や西田君(摂南大学教授)がやっていたゼミに入れてもらって、いまの太陽系の起源の研究がどうなっているのか、彼らがどういう研究をしようとしているのか勉強させてもらったのです。それで、ある程度、太陽系起源の現状はこうなのだろうとか、どこに問題がありそうかというところを勉強した。林先生から直接教わったわけではなく、林先生の指令はこの計算を手伝えということだけでした。

小久保 微分方程式を解く要員だったわけですね。

中澤 計算機で助けてくれと。

小久保 計算は得意だったわけですね、当時から。

中澤 東工大にいたころ、学部学生が使える計算機はとんでもなくレベル低いわけね。たとえば、サイン関数を計算するときは本体がいったん止まる。60cm四方の大きなボードが何枚もあったね、その中からサイン関数のボードを選んできて本体にガシャツと差し込むと、それでサインの計算が始まるんです。なにしろメモリー足りないからね。そういう経験をして計算効率を工夫するくせがついていた。もちろん、京都大学ではそういうことをする必要はなかった。計算機のレベルが格段にあがったからね。普通の計算であれば、ただFORTRANでプログラムを書けばよかった。だが、長時間の軌道計算をすると、そう簡単にはいかない。これはよほどケアフルにやらないとだめだということで、めいっぱい計算機を使おうと思うと、まずは太陽系起源の研究の中身をよく知らないといけなかったのです。

小久保 計算機オタクという言葉がありますが、そういうのが好きだったのですか。

中澤 まあ、嫌いではなかったですね。

小久保 そうですか、意外なことを聞いているよう

な気がしますけど、それはともかく、これが太陽系起源の研究の入り口だったわけですか。

中澤 そうですね。「とにかく助けてくれ」と言われて、やってみたら、数値計算だけではすまされないと感じたのです。

小久保 数値計算するために物理を勉強して、これは面白いというふうになっていくわけですか。

中澤 面白いともあまり感じなかったですけどね。

小久保 正直にいつてくださってかまわないのですけど。

中澤 あまり感じなかったですよ、面白いというのは。彼らといっしょに勉強させてもらって、流体力学ひとつとっても、星の進化をやっているときの流体力学とは違う、不安定性とかいろいろ勉強しなくてはならなくて……勉強させられたんですね。

小久保 いろんな物理を使って太陽系起源を解き明かすことが面白いと感じていたのでしょうか。その後、いろんな人を巻き込んで研究をしていきますよね。それは、自分で知りたいとか、やらないといけないと思っていたからですか。

## ■地球と木星が当面のゴール

中澤 当面のゴールは地球と木星を作ることでした。ただそれでも真面目に考えようとする、これはわからん、ここも穴がある、世間ではここはこうだということだけれど本当かどうか分からない、というのがいっぱいあった。穴だらけなわけですよ。その穴は埋めていかなければならない。

小久保 地球と木星をつくるという当面のゴール設定というのは林先生、それとも中澤さんがそう思ったのですか？

中澤 セミナーをやる中でみなさんと議論していてそう思ったのです。林先生から当面のゴールはこうだとは言われなかった。

小久保 研究室で議論をしていて、林先生は星、というか原始星のことがある程度分かったとして、次に進もうとして太陽系の起源の研究が始まるわけですが、中澤さんが京都大学にいる間もその後も、林先生と一緒に片腕というか番頭のようにして京都モデルの構築にかかわっていらっしやる。それはご自分がやらないといけないという認識があったのでしょうか。

中澤 やらねばならないというよりは、穴が開いているのは気分悪かった。

小久保 研究の方法ですが最初から時間発展的に進めていこうということだったのでしょうか。つまり、林フェーズの発見があって、日下円盤、ダストの振る舞いから微惑星、水野—中澤プロセスと進化の段階に沿って研究が1つ進んで次が見えてきて、だからその研究を次に進めようというやり方だったのでしょうか。

中澤 微惑星の形成まではそうですね。もう少し先だったかな。私とか西田君が微惑星の振る舞いを数値計算するあたりまでは時系列で進めてきていました。

小久保 原始星形成、円盤形成があって、そこからダストの運動、微惑星形成までは時系列できたわけですか。

中澤 その次は微惑星の集団運動を解明せねばならないと、そこまでは林先生の頭の中だけにあったのじゃないかな、ある意味では、日下君が論文[3]を書いたときも最初はダストの形成はあまり考えていなかったのじゃないかな。

小久保 日下論文の後半の方に入っていますよね。

中澤 あれは林先生が付け加えたんですよ。

小久保 あの論文は先駆的ですね。ダスト層のロッシュ密度について議論されています。

中澤 日下モデルというのは計算機では簡単に解けない問題なんです。あれは物理系としては不安定なので、日下君はそれを計算しようとしてだいぶ苦労しました。そして論文を林先生に提出したら「待て」と言われ、どれくらい待ったのかは忘れましたが、2カ月待たされたのか3カ月待たされたのか、元の分量よりも、どっと増えて戻ってきました。

小久保 ダストの部分が追加されたということですか。その微惑星までは時系列で太陽系ができる過程の研究を時間発展的に進めてきたわけですが、その後、研究の方法が変わったのだと思いますが。

中澤 林先生の頭の中に何があったのかは分かりません。だけでも1つには環境が変わったということが挙げられます。学部長になった、その前は評議員、先生が研究に集中できる時間が少なくなったのです。

小久保 外因的な問題があったのですね。

中澤 もう1つは林研究室の人数が増えて先生1人では見きれなくなった。それまでは、ほとんど林先生1人で見ていて、3—5人ぐらいM2がいても、この問題、

この問題、この問題ってメニューを次々に出して、「君、どれをとる?」ということをやっていたけど、そういうことも実質上、できなくなって助手クラスが院生に課題を出すようになったのです。丁度その頃M2になった水野君(ノートルダム清心女子大学教授)に原始木星の安定性を解析するよう言ったのです。

小久保 あの主題は、林先生のメモというか、選ばせるというのではなかったのですね。当時、林先生は学部長を2年間、評議員とかをやられていて、なかなか研究に時間をさけなくなっていたということですか。

中澤 微惑星の軌道計算の方向性は林先生が決め、実際の計算は西田君、足立君(兵庫県立小田高校校長)がやりましたが、水野君がきたときには林先生はテーマを出さなかった。

小久保 京都モデルの重要論文はいくつもあります。その1つに水野—中澤プロセスと呼ばれるガス惑星の形成時の収縮過程に関する論文[4]が挙げられると思います。この論文は実は京都モデルの転回点だと思えますが、実は最初から京都モデルというシナリオをつくっていたわけではなく、このプロセスが分かったときに大きなシナリオを描くということになったのでしょうか。

中澤 水野君が原始惑星のモデルを考える際、静的モデルなので輻射の吸収係数が非常に重要な役割を果たします。しかし木星の温度と圧力ではそのテーブルがない。低温度星での吸収係数を研究している人にも問い合わせたりしました。そうして、外れてもいいやということで訳も分からず何桁も外挿して答えをだし、林先生に見てもらったら、「おまえらなんていい加減なことをするんだ。全部きちんと計算しろ」と。こっちは「えっ—」ですよ。

小久保 連載でも水野さんが、延々と計算されていると書かれていますよね。

中澤 「計算するって、何を計算するんですか」。「君さ、吸収係数の定義、どうなっているんだ?」って言われて、吸収のバンドと輻射分布を重ねあわせて全部積分するわけですが、われわれは「スペクトルが全部分かっているわけではなく……」とねばったのですが、聞き入れられませんでした。

小久保 それでも計算やったわけですよ。

中澤 「計算やったらいい」と言われても、こちらは「ちょっと待ってくださいよ」という気持ちでいっ

ばい。でも水野君は泣き泣き、「僕はいつまでこんなことをやらなければならないんですかね」と、ぐちぐち言いながら、なんとかラフだけでも仕上げれば仕事はまとめた。それを林先生が最終的に校閲したわけで、そのときにたぶん林先生が「最初の原始惑星系円盤から惑星系までこういうふうにもっていけばいいんじゃないか」と気がついたのだと思います。

小久保 それまでは、円盤から惑星への全体像というのにはなかったということですか。

中澤 最初からはなかったですよ。木星まで手を出し始めて「あそうだ、こういうやり方ができるんだ」と。その段階で「地球と木星をつくっちゃえばいいんだ。あとはいらん」というように林先生は思ったのではないかな。だけど、その後は天王星ができないということに気がついて変わるけれども、天王星ができないことに対して林先生は、いまみなさんがやっているようなことをそのときすでに指摘していたんです。「太陽系の内側領域でつくって外に運ぶしかないだろう」と。

小久保 それも当時、おっしゃっていたのですか。

中澤 言っていました。わたしが岩波の科学に書いた論文[5]ですが、横軸に太陽からの距離、縦軸に時間をとり、ダストの沈殿はどこだったらどんな時間で起こるかという線が引いてある。あれは、わたしが非常にラフに描いて林先生がきっちり書き直したものです。林先生はあのグラフを見たときに「天王星形成にはどう考えても億年単位、10億年かかる。これを短くすることは不可能だ。内側でつくって運ぶしかない」とおっしゃっていた。

小久保 そう考えざるを得ない。自然とそうなるわけですね。

中澤 「どういうメカニズムがあれば、これだけ重いものを外まで運べるか、おまえが考えろ」と言われました。天王星相当の質量を動かす必要はないが、でも、太陽重力場のもとで惑星規模の質量を動かすことは容易ではない。せめて天王星の卵になるものを動かさないといかんじゃないですか。「こんな無茶な、不可能ですよ」と言っても、「そんなことはない。だって、現にあるじゃないか」と言われました。こういう指摘は林先生から何度でも受けたのですけれども、われわれはそこまで集中して研究はしなかったですね。

小久保 天王星、海王星についてはつっこまなかったということですね。

中澤 私は地球と木星が分かればいい。だって、期限付きでということだったので。

小久保 そして当面の目標として地球と月の研究をされるわけですよね。林先生がもしかしたら描いていたかもしれないような時系列で微惑星まで進んできて、木星をつくるために水野—中澤プロセスを研究して、微惑星と木星をつなぐ部分が抜けているかと思います。それは当時、研究したくてもできなかったのですか。

中澤 それについては、林先生は微惑星の統計的な振る舞いに関する論文で触れています。

小久保 中澤さんにとっては水野さんとの研究で当面の目標は達成したような形になったわけですか。

中澤 林先生としてはそうは思わなかったでしょうけれども。

小久保 中澤さんの中では全体像が見えたという感じにはなったのでしょうか。

中澤 そうですね。あの水野君の研究によって、そういうことにはなりました。

小久保 水野—中澤プロセス以外にも、中澤さんの中で重要だという論文はありますか。

中澤 意味は違いますが、足立君の論文[6]ですね。解析的手法だけでは押しきれない、だからコンピューターを最大限に使わないといけない、だけどコンピューターだけでもできない。これをいかにどうするかというのは、その後の研究を考える上では悩みましたね。足立論文では、林先生のマジックでちょっとした数値軌道計算から、微惑星の統計的性質を議論していますが、それをチェックする必要があると思っていました。でも、当時の計算機の能力では難しかったです。

小久保 それは、具体的には微惑星のガスが入っているN体問題の本当の答えを出すには、3体問題に分解して足しあわせるかっこうで統計的な振る舞いを記述するという林先生のマジックによって導かれる答えが、本当にそれで正しいかどうかはよくわからなかったということですか。

中澤 私はそれをチェックする必要があると思ったし、林先生も当然思っていて、だから「N体問題をおまえはやらないのか」とさんざん言われました。

小久保 答えは速度分散が大きいときは自由空間的な振る舞いでよくて統計的な手法が有効だということになって安心するわけですよね。

## ■京都モデルという呼び方・最初は仲間内の隠語

小久保 ところで当時、京都モデルという呼び方は、1985年までしていなかったのでしょうか。

中澤 いや、それ以前にはしていましたよ。わたしは岩波の科学に書いたのが1978年かな、79年にできていますよね。それを確か、他の方が読んで、それで東大の小嶋稔東京大学教授(当時)とか、筑波大学の小沼さん(元筑波大学化学系教授)が、京都モデルという呼び方をしたんです。当時は市民権は全然得ていなくて、林研究室と一緒に年に1-2回、セミナーを開催する仲間だけの隠語として通用していたものです。

小久保 その後は自ら論文にも書かれます。1985年に一度それまでの成果を論文[7]にまとめて、それから世界に広く認められていくわけですね。

## ■いい意味での無知であること

小久保 当時、研究しているときに、世界中の研究者の反応というのはすぐ届かないわけですね。世界的に見て自分たちの研究がどう思われているのかというのは意識していましたか？

中澤 私も林先生も全然気にしていない。

小久保 サフロノフのことは知らなかった？

中澤 日下君らと勉強を始めるころは知らなかった。1972年にNASAがサフロノフの論文の英訳[8]を出してからで、はっきりサフロノフを意識したのは、それ以後ぐらいじゃないかな。

小久保 それも参考に勉強したわけですか？

中澤 サフロノフがどのように考えているかというのは一応勉強したけど余りにしなかった。

小久保 独立に同じようなことをしているわけですね。驚きとかということもなく、当たり前だと、正しいことは1つだと。

中澤 初期条件をどう設定したのかは別にしても結構、結果的には似たようなことになっているし、微惑星の形成の問題もまったく同じ。林先生のもと同じだし。どこかに書いたことがあるけれども、時として重要な科学的な問題というのはまったく独立に、まったく同一時期に発見される、生み出されるものだということですね。

小久保 微惑星形成であつたら日米ソですか、ほぼ同時期、完全独立に3グループが発表しています。時期的にはサフロノフが早いのでしょうか。

中澤 サフロノフが一番早い。

小久保 次に林先生で、ワードと続くわけですね。

中澤 われわれは地球物理学分野の研究は全然知らなかった。林研究室の中では多分私が一番、地球物理学をよく分かっていた方なのですが、それでも現在の地球の大気がどうやってできたかなんて、知る由もない。どんな研究がなされているかも知らない。だから平気で地球は水素大気をまとい、表面が4000度になりますよといった論文を書くわけですよ。地球物理の常識があつたらこんな論文書けないですよ。こんな馬鹿なことあるわけないと周りからわれわれの知識のなさを責められ、その度にそうした指摘を否定するためにどんどん新しい問題にチャレンジして行って、原始大気をいつどうやってつくり出すかということの研究したりしたわけです。

小久保 それは、もしかしたら地球物理とかあまり地球を見すぎている人たちはがんじがらめになってしまっているの、自由な発想がなくなってしまっているのに対して、物理至上主義の人たちが自由な発想、物理的な発想で進めてきて、うまく研究が進んだということでしょうか。

中澤 変な話ですけど、無知であることの恐ろしさ、いい意味でのね。これ、いろんなことを知っていたら、「こんなことはないよな」と最初から足を出せないからね。

## 参考文献

- [1] 佐藤文隆 ほか, 2010, 日本物理学会誌「BUTSURI」65 (10), 777.
- [2] 松田卓也 ほか, 2010, 天文月報 103 (6), 394.
- [3] Kusaka, T. et al., 1970, Prog. Theor. Phys. 44, 1580.
- [4] Mizuno, H., 1980, Prog. Theor. Phys. 64, 544.
- [5] 中沢清 ほか, 1978, 科学(特集: 太陽系の起源から惑星の形成まで)48, 386.
- [6] Adachi, I. et al., 1976, Prog. Theor. Phys. 56, 1756.
- [7] Hayashi, C. et al., 1985, in Protostars and Planets II (Univ. of Arizona Press), 1100.
- [8] Safronov, V. S., 1969, Evolution of the Protoplanetary Cloud and Formation of the Earth the Planets (Nauka).