

杉本大一郎氏ロングインタビュー

第2回：林忠四郎研究室



高橋 慶太郎

〈熊本大学大学院先端科学研究部 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1〉

e-mail: keitaro@kumamoto-u.ac.jp

インタビュー協力：小久保英一郎（国立天文台），編集協力：高橋美和

杉本大一郎氏のインタビューの第2回です。今回は幼少の頃から京都大学での学部生時代までのお話でした。杉本氏は大学院で当時できたばかりの林忠四郎研究室に入り、星の進化の研究に取り組みます。そして林忠四郎と早川幸男という二人の巨人から多くのものを学んでいきます。林研究室はどのような経緯で発足したのでしょうか。また日本の天体核物理学の勃興期はどのような様子だったのでしょうか。

●卒業研究

高橋：では林(忠四郎)先生の研究室に入るところをお話しいただきたいのですが、4年生で入ったんですか？

杉本：卒業研究は湯川(秀樹)研に入った。京大では「素粒子論に非ざれば人に非ず」なんて思われてたから。林研はまだできたてで、学部の学生とは関係がなかった。そしたらね、助教授の井上(健)先生ってのが「これどう？」とか言って、ファインマンの経路積分を読んでレポート書けちゃう。それで、その本質はようわからなくてなんか誤魔化して書いたんだけど、世の中には二つの見方があると。要するに運動方程式を積分してって一步一步進んで到達する。それに対し、始めと終わりをもってきてこんなパス、あんなパスなんてぐちゃぐちゃやって変分やって答え出すという、そういう全体を見てドカンと決めるやり方があるんだね。そのくらいはわかった。

小久保：それは勉強してまとめてだせば、卒業研究になると。

杉本：卒業研究なんて、研究をしてるわけじゃな

いんだもん。まあ卒業研究はそれでええと。それで頭のええやつ、よく勉強しているやつは、素粒子の湯川研とか原子核の小林(稔)研に行く。小林さんって湯川さんのグループのちょっと若い人だけど。そんなところ行ってそういう連中と一緒にやったりって、どうせようついていかんと。だから人のしないことをやろうと。

●核融合と林忠四郎研究室の始まり

杉本：ちょうどその頃にね、原子核理学教室ができたんだよ。原子核理学教室というのはね、核エネルギー学と中性子物理の講座があって、後に放射線生物学の講座もできた。その核エネルギー学の教授に林さんが来たの。当時の物理では、東大を除いては誰でも「さん」づけて呼んでたんだ。民主化とか言って。それで林さんはまだ教授に成り立てで若かった。で、そこなら頭のええやつつかないから、まあ俺でも何とかなるだろうと。で、そこに入れてもらたわけ。林研の大学院生は僕が2年目なの。

小久保：それは林先生に入れてくれてって言いに行ったんですか？

杉本: いやいやそんなこと言わないよ。学生運動で喧嘩ばかりしてたから、そんな関係じゃないもん。卒業研究も林先生は関係ないし。

原子核理学教室って今から思ったらね、ちょうど日本も原子炉作ろうという頃にできたんだ。正力松太郎とか湯川さんが原子力委員で、原子力をやらにゃいかんと京都大学に引っ張ってきた3講座なんだよな。それが物理学教室のいわば隣にできた。だけど、中身は物理学教室と一体みたいなもんでね。だから僕は物理学専攻の出じゃないんだよ。原子核理学専攻。でもその原子核理学というのは10年もたたなうちにやめになって物理学と一緒にしたからね、原子核理学専攻で学位取ったやつは数えるぐらいしかいないんだよ。

小久保: まだ、林先生が地上の核融合の研究もしていた頃の話ですよ。

杉本: うん、そちらのほうが主目的。要するに原子力の原理のための講座。だからごっつい予算が出た。ごっつい予算が出たけど林先生、実験しないからさ。本を買うぐらいしか使う方法ない。1台20万円の機械式の歯車式の計算機とかね、そんなのを買ったわけさ。ところがね、林先生は僕が大学院に入ってから2カ月でアメリカへ行っちゃったんだ。僕は林先生の講義って2カ月しか聞いてない。その講義もね、学生さんが2~3人聞くだけ。「素粒子論に非ざれば人に非ず」だから、そんな講義誰も聞きにこない。

高橋: その講義は核融合の講義なんですか？

杉本: 違う、天体の講義。あんまり印象ないんだ。それで林先生は何しにアメリカにいったかというね、ちょうどその頃アメリカのNational Academy of Sciences (NAS) が外国人の研究者に金を出すということを始めた。その受け入れ先がいくつかあって、NASAがそのうちのひとつだったん。それでNASに雇われてNASAにあってNAS/NASA 研究員というわけ。後で僕がいったときもそうだったんだけどね。林さんはその1回目だと思うんだ。湯川さんが林さんを推薦し



初期の林研メンバー（2004年撮影，杉本氏提供）。
後列：佐藤桂子，大山襄，中野武宣，富田憲二。
中列：天野恒雄，百田弘，佐藤文隆，杉本大一郎，杉本薫。
前列：津田博，津田ふみ，林嘉子，林忠四郎，伊藤謙哉，寺嶋由之介。

た。何で林さんにいけっちゅうたかというね、プリンストン大学がNASAのゴダードスペースフライトセンターからそんなに遠くないんだ。

小久保: ゴダードとプリンストンはずいぶん離れてませんか。

杉本: 200 km くらいしかない。アメリカの感覚にしたら近いよね。それで、プリンストンでスピッツァー (L. Spitzer) がステラレーターってトラスで核融合をやった。その頃いろんなデバイスがあったけど、ステラレーターってわりといい線いった。何でスピッツァーがそんなことやってたかっていったらね、スピッツァーはstellar dynamics やってたから。星の間の重力も、プラズマ粒子の間のクーロン力も、どっちも距離の2乗に反比例する。クーロン力は引力と斥力があって、重力は引力だけだから本質的に違うんだけど。stellar dynamics の人なら plasma physics はやれるだろうと。

小久保:僕はスピッツァーはプラズマから stellar dynamics にいったと思ってたんですけど、逆なんです。

杉本: 逆、stellar dynamics やってたから核融合、プラズマにいった。その頃にはミラーとかいって

磁力線の両端を縛って粒子を閉じ込める装置とか、いろんなデバイスがあったわけ。岩波の「現代物理学の基礎」って知っているでしょ？ そのシリーズの中に核融合ってのがあってね。

小久保: それを書いたのが林先生ですか？

杉本: そう、林さんが核融合書いて、早川幸男さんが天体書いて。

小久保: その本、見たことないです。

杉本: 林さんは原理的なことが好きだから核融合の本のうちの半分は原理で、あと半分はデバイスのことが書いてあった。でも林さんはそんなデバイスのこと知っているはずない。林さんの部屋には本がいっぱい並んでいて学生は自由に出入りしてたんだけど、林さんのいないときに本見てたら核融合のデバイスの本に全部書いてあるんだよね。林さんの岩波の本の後半はそれのサマリーみたいなもん。

小久保: そうなんですか。

杉本: うん。だから焼き直してみたいなもんや。

小久保: まあまあしょうがないんじゃないですか。よくあることです。

杉本: だけどね、そのまま写したんじゃないからね。彼なりにまとめて書いた。そんなこともちっとは勉強してられたんだ。それで林さんが京都大学でも核融合をやると、ヘリオトロンって。

高橋: 杉本先生が大学院に入るときは、宇宙をやろうと思って入ったんですか？ 核融合をやろうと思って入ったんですか？

杉本: まあ、原子力をやろうかと思ってね。核融合ってのは原子力のうちの一つだね。そしたら、林さんが1年経って帰ってきて、今言った核融合のプロジェクトに関わるようになった。それで「工学部の人とやってたら全然話が通じねえ」ってブーブー文句言ってた。「分子運動の速さが音速と同じぐらいやということさえわかってない」と。そんなミクロなものの方というのがあんまり普及していなかったんだよね。

高橋: 林研ではみなさん核融合をやってたんです

か？

杉本: 僕は林研では2年目の院生で、1年目の人は天野恒雄君というんだけどね、彼はミラーで核融合やるっちゅうて。ミラーって、磁場を両端で絞ってあるから粒子が閉じ込められるんだけど、端から漏れ出すわけ。それで磁場をヘリカルにねじって、さらにトーラスにしたらどんな風になるかちゅうのを粒子の軌道を手で計算して追っかけると。天野君はそれやってた。

2年目には二人入ったんだ。一人は京大の素粒子の落ちこぼれ、僕のことね(笑)。もう一人は阪大の工学部出身。彼はホントに核融合をやった。

高橋: ではその頃は本当に核融合の研究室だったんですね。

杉本: うん、それでしばらく後に伏見康治先生が中心になって、早川(幸男)先生なんか活躍して名古屋大学にプラズマ研究所ってのができた。プラ研とかいう。

●地上の核融合から天体核へ

杉本: ところで林さんはアメリカにいる間、そこで何してるかっていうことを報告せんといかんからね。昔はさ、外国へいかしてもろうたらね、その辺の事情をしょっちゅう手紙に書いてこっちへ送ってきた。毎週手紙がくるわけ。アメリカの事情とか、誰が何やっているとか。それに核融合のことが書いてあったわけ、当然ね。それでもって湯川さんがいかしたんだから。

ところが実は林さんは核融合、あまりやってなかったんだ。その代わり星の内部構造と進化の計算やってた。なんで星の計算をやったかちゅうたら、要するにあの人、東大出身だけでも卒業研究のときに白色矮星の何かやらされて、それがずうっと残ってた。その後、原子核理学にくる直前は京大の宇宙物理学教室にいたんだよね。なんでそこにいたかって言ったらね、湯川さんがそこを併任してて、林さんは素粒子の non-local field

theory やってたんだけども就職口なかったから、そこで星の計算やってた。

それで林研ができてしばらくして電子計算機ちゅうのが出てきてた。7090 って名機だったんだ。知ってる？

小久保: IBMですか？

杉本: IBM. 名機でね。どんなんかっていったらね、内部記憶のメモリー量は少なくて、外部記憶装置は磁気テープね。テープは端までいったらリールをはめ変えないといかんでしょ。何秒ではめ変えるかちゅうのが電子計算機の運転をしている人の腕の見せどころ。インプットはカードの読み込みでカードリーダーに読まさんといかん。僕が後にNASAにいったからだけど、アメリカの大男がいてさ、パツパツパツやってやるわけや。大きな手でカード1,000枚もってポツと入れるわけや。僕らがやると500枚ずつ。

高橋: やってくれる人がいるわけですか。

杉本: 林さんがNASAで計算してた時代には、日本ではOKITACという、紙テープにパンチをして読み込ませる計算機しかなかった。一方、アメリカには7090という名機があって、それで重い星の進化を計算してたわけや。

小久保: それは地上の核融合を実現させるために、まず星で何が起きているかを調べようとかいう動機なんですか？

杉本: それは屁理屈でね、核融合せんならんと、でもあんま面白くないし、あの人デバイスなんか興味ないからね。それで、天体でも核融合やってんじゃないかって。

その頃ちょうど日本でも原子核物理が本格的に始まった。早川さんが基礎物理学研究所にいて、日本に原子核物理を定着させるのにずいぶん仕事したんですよ。でね、早川さんの周りにいた伊藤謙哉、それから寺島由之助とかね、林研は要するに原子核物理から移ってきた人を集めて作ったわけだ。それで天体の核反応をやった。

その頃はBurbidge, Burbidge, Fowler, and Hoyle

の赤本 (Reviews of Modern Physicsの別刷) とかいう、あれで核融合と元素合成の一連の筋道は一応の話がついてた。細かいことは別としてね、でも個々の反応のことはいっぱい問題あって、そういうことをやってたんだ。

一方、その頃のことでTHOの話せなあかん。話はだいぶ元に戻る。

高橋: THOというのは武谷(三男)・畑中(武夫)・小尾(信彌)の星の進化の論文ですね。

小久保: いや、ぜひお願いします。

杉本: THOの論文は1956年だから、僕が大学に入った頃や。1955年にね、湯川さんが天体のこともやらにゃいかんとか言うて、毎日新聞社からお金もらってきた。天体と原子核物理とくっつけてやりましょうと。それで両方の分野の人を集めてね、基礎物理学研究所で2週間、缶詰にしてやったんだよ。そのときのサマリーみたいなもんが、まあいうたらTHOなんだ。

小久保: そうなんですか。

杉本: そのときに初めて天文学と物理学の人が一緒の場所で議論したんだ。

小久保: 湯川先生が音頭を取ったんですか？

杉本: 湯川さんは命令して、実際には早川さんがやったんだけどね。それで早川さんが林さんを口説いて、林さんにも天体のことやれって言うたんや。林さんがそれに乗った面があるんだよな。その前に東大でやってたからとかいうて。

小久保: そうか、THO理論が拓いた日本の天体核物理学。

杉本: そのときに本の虫だった一柳寿一がいた。一柳さんは物凄い勉強家で、通訳係をしはった。

小久保: 二つの分野の。

杉本: 天文と物理の通訳係。その頃の天文はね、もちろん物理学を使うわけよ。だけど皆さん原子物理はやるけど、原子核物理は関係がないと。

小久保: そうだったんですか。

杉本: そこに素粒子をやった武谷三男さんが出てきて、ちょっかい出してたんだ。早川さんはそ

のすぐ後、1958年かな、早川・伊藤・寺島で、宇宙線の超新星起原説を日本で初めて展開した。同じ頃にシクロフスキーもそれをやっていた。オランダのオールトラがかかに星雲の観測の論文を出して、シクロフスキーがシンクロトロン放射なんかをやって、早川さんがその辺を全部ひっくり返して原子核物理を入れて。

その頃のことで覚えているのは、大学院のときに甲府で物理学会があったね、そのときに早川さんが宇宙線の講演をした。宇宙線は1次宇宙線と2次宇宙線があって、1次宇宙線で天体のほうへ進むべきか、2次宇宙線で原子核物理のほうへ進むべきか、講演しはった。早川さん自身が悩んでいた。それ覚えている。その頃が転機になって天体のほうへわあっと傾いた。だからその頃に天体核物理に関係してたのは宇宙線の人たちなんだよね。

どんな連中かっていうと、渡瀬譲さんて大阪市大の学長やった人だけだね、渡瀬さんがボスや。それから皆川理さんは神戸大学でバルーンを揚げてはった。あと関戸弥太郎さんが名古屋にいた。それから菅浩一さんはもう少し若いんだけど、エアシャワー。西村純さんは当時下っ端なんだ。小田稔さんは若手のうちのちょっと上だね。

それで早川さんが理論的なことを全部取り仕切って、林さんが天体のことで関わって、みんなわりとよく集まって相談してはった。その頃に「もうちょっと子どもも入れたら」っていうので、僕がその子どもだ(笑)。西村純さんが若手だとしたらさ、僕は子ども。

小久保: 子どもって、大学院生のことですか？

杉本: 大学院生、駆け出しや。若いやつも引っ張り込んだり使ったりしないといけないでしょ。そこへ何遍も呼びだされてさ、そういう人たちとずいぶん付き合った。博士課程の頃からある意味からいうたら重宝してもろうたんや。早川さんが名古屋大学に移ってからは名古屋へ何遍も呼びだされた。プラズマ研究所作ったりしてたからね。

高橋: みんなで勉強するんですか？

杉本: あんまり勉強なんかしない、研究をした。研究の進捗を報告したり議論したり何しようかと相談したりさ。

小久保: 基本的には宇宙線の話ですか？

杉本: 宇宙線グループだった。林さんはね、その頃に核物理知ってるちゅうのが天文に対する売りもんだったわけ。天文の人はそこは全然わかったらんから。「俺たちは物理である」と。「天文なんかと違うんだ」と。ほいで、そこから天体核研究室という言葉が出てきたんだ。

高橋: 天文と差別化すると。

杉本: でもそこから後には原子核物理は使うだけだったし、さらにその後は原子核物理なんかやっていないんだから。でも今でも天体核って言うてるでしょ。

小久保: ええ、言ってますね。

杉本: 学会も物理学会にいく。天文学会なんかにはいかない。どうせいつてもわかってくれない。物理学会って宇宙線のセッションで話す。

小久保: 物理学会では理解されてたんですか？

杉本: 物理学会でもまあ主流じゃないよね。宇宙線の中でも相互作用とか、中間子の multiple production やってる人とかね、そんな人は素粒子と仲良くやってたけどさ。

高橋: 杉本先生も宇宙線を研究したんですか？

杉本: いや、したっちゅうほどしてないけど。ちょっかいを少しは出したことあるけどね。

●天文との交流

高橋: では林研は天文とは別だという意識があったと。

杉本: うん、だけど天体核と天文とのコミュニケーションは一つだけあってね、藤田良雄先生とか海野和三郎先生が、年末の勉強会てのを東大の天文教室でやってた。それに林研のもんがみんな勉強しにいったんだよ。いわば教えてもらいに。

藤田先生は carbon star だとかスペクトル分類

とかやってたでしょ。随分昔から、僕が生まれた頃から。そしたら酸素の多いのと炭素の多いのどあって、酸素と炭素はすぐに結合してCOになってしまうと。それはスペクトルではあまり見えない。炭素が残ったらcarbon starつまりR型、N型になって、酸素が余ったらM型のred giantになるんだとかいって。ふーんと思ってね。一方、海野さんは線形代数でカッコよくやるのが大好きでね。星や太陽の脈動とかね。

高橋: 藤田先生が主催してたんですか?

杉本: 天文学教室の勉強会だった。天文学教室は3講座しかなかったから、誰ちゅうことないわけよ。末元善三郎さんは太陽だからちょっと別だったけど、みんな仲良く出てきてやってた。

小久保: 勉強会には林先生も来てたんですか?

杉本: 林先生も来ていた。

高橋: 他の大学からも来てたんですか?

杉本: 天文の人はもちろんいっぱい来ていた。何でこの人、物事よく知ってたんだろうと思ったのは東北の竹内峯さんや。僕より五つ上かな。何でも知ってるんだ、この人。そんなんでちょっとはコミュニケーションがあっただけでも、帰りの汽車の中ではみんな文句ばかり言うてね。昔、京都に帰るのに10時間ぐらい汽車に乗らんといかんでしょ。林さんと汽車の中でいろいろ話をしたりさ。そういう時間はあったんだ。

高橋: どういう話をされるんですか?

杉本: まあ、林さんて学問の話しかしないよ。それでいろいろ話飛ぶけども、林さんはアメリカで計算して帰ってくるでしょ。日本でも京大にコンピュータを入れるというので、林さん、かなり動いたんだけどね、いよいよ入ることになって責任者が回ってくるようになったらあの人、ドタキャンするんだよ(笑)。「そんなことしてたら自分の研究が進まん」とか言うて。僕がまだM2ぐらいだったかな。林さんから、「コンピュータはアナログコンピュータがいいか、デジタルコンピュータがいいか、大阪の三菱電機へ行って見てこい」

と言われて、ほんで大阪まで見にいったん。

小久保: アナログコンピュータって真空管をスイッチにしてるってことですか?

杉本: デジタルコンピュータだって真空管だろ。

小久保: トランジスターはまだ……。

杉本: トランジスターもあった、一部分はね。でも真空管いっぱい使ってた。僕はね、大学院出て名古屋大学にいったけど、名古屋大学の計算機ってしょっちゅう真空管を何十本も取り換えてんねん。ラインプリンターの行がガタガタになると真空管を新しいのに差し替える。そんな時代。そしたらプラズマ研究所にOKITACという計算機が入ってね。名古屋にそれ使いにいった。

小久保: 何の計算にいったんですか?

杉本: 星の内部構造の計算をやってた。星の内部構造の計算はさ、THOてのは僕がまだ大学に入学したてのころの話なんだけど、それ以前の大問題は、なんで星がred giantになるかと。主系列星と比べて半径が1,000倍も違う。物理的なシステムで物事が1,000倍も変わる、そんなにダイナミックレンジの広い現象って普通はないわけや。そういう問題があった。

一方、北大には大野陽朗さんというのがおられた。好好爺でやさしい人でね。その下にいたのが坂下(志郎)さんや。助手だったんだろうね。大野さんは軍隊にいたときになんかロシアに関する係にいたんで、ロシア語ペラペラなんだ。カプランの「星間ガスダイナミクス」を紹介したり超新星爆発の話をしたりしてた。ほいで超新星爆発の計算には星の内部構造もいるから、坂下さんが京都の林先生のところへ泊りがけで来て計算した。その頃みんな金がないからさ、林先生が夜帰ったら林先生の教授室のソファベッドで寝てた。林先生が朝くる前に起きて片付ける。ほいで煙草の吸殻が盛り上がってる。林先生も煙草が好きだから気にならなかつたらしいけどね。

高橋: そういう交流もあったんですね。

●星の進化の研究に取り組む

杉本: そのときに林先生の助教授で西田稔って人がいて坂下さんと一緒にやってたわけ。林, 坂下, 西田という重い星の内部構造の論文がある。それで林さん, アメリカに行っちゃうからね, 西田さんに僕の面倒見ろちゅうわけだな。

その頃シュバルツシルト (M. Schwarzschild) がホイール (F. Hoyle) と globular cluster の星の進化を調べてた。シュバルツシルトの本があるでしょ? “Structure and Evolution of the Stars” って本に星の構造論が書いてあった。球状星団の星が red giant になるところまで。ホイールと共著の論文には red giant の頂上まで進化してヘリウムが燃えるよとか, globular cluster の red giant branch では表面对流が深く入って, HR 図の, 後に言う Hayashi line あたりにくるようになるよとか, ヘリウム燃焼段階になると水平分枝あたりにくるとかまで書いてある。その頃, 光電測光が始まって HR 図というのがちゃんとできた。サンデージ (A. Sandage) とかね。日本じゃ天文台長もやった大沢清輝先生。

それで東大の勉強会で HR 図の話なんか出てきて, 話が物理の人たちとつながったんだよね。そこで, 水平分枝の星はヘリウム燃焼段階らしいと。そしたら西田さんが, 「林さんが NASA へいっている間にそれしよう」ちゅうわけや。自分で計算するの面倒くさいからかどうか知らんけど, 僕に計算せいと。そのときに僕は初めて天文学に本格的に関わったんだよ。シュバルツシルトの教科書を読んで。何だか知らんことばかりいっぱい出てくるんだよね。あんな知らんこといっぱい出てくる本て読んだことなかった。

高橋: それまでは核融合を勉強してたんですか?

杉本: まあ, ろくに勉強もせんうちに林さんはわりとすぐアメリカいっちゃったからね。ほんで, ふーん, 何かいろんなことがあんだねと思って。で, まあとにかくこれやるかと。何をやったか

ちゅうたら, 要するに数値積分せんなんわけや。あの微分方程式は掛け算ばかりだからね。普通の物理の問題って $dy/dx = a - b$ だ。 a が効くときにはこう, b が効くときにはこう, 時間変化が効かないときには $a = b$ になるとかね。そのぐらいの議論やってたわけじゃない。

ところが星の内部構造の連立微分方程式というのは掛け算ばかりだから性格が全然違うわけ。そこで全部 log 取ったら右辺は掛け算だから足し算になって簡単でしょ。だけど, 左辺の dy/dx の方は $\log(dy/dx)$ だから, そいつを真数 dy/dx に直さんと積分できへんわけ。それをどうやるかちゅうたら, 丸善の対数表というのがあってね。7桁の対数表, 2 cm ぐらいの分厚いやつ。それは貴重品でみんな逆引きしてアンチ log を探すわけ。

だけど増分の値についてはそんなに有効数字が要るわけではないんだ。だからそんなアホなことやめろと。高校の教科書の裏に対数表って出てるでしょ。あのサイズのアンチ log の表にすればいいじゃん。それでアンチ log の表を作った。その頃, タイプライターを打てる人ってほとんどいなかったけど, 僕は打てたからタイプライター打って表作ってボール紙に貼ってそれを見ながらやった。すると膨大なページをめくって逆引きせんでもええから能率が一挙に数倍になった。

高橋: 効率が数倍とはすごいですね。

杉本: その頃, コアとエンベロープがあるような星の内部構造ってあんまり計算されてなかった。第2次大戦中にガモフがちょっとやったんだけど, 林さんがその後, 真似してやったんだ。ガモフの終戦直前の論文見たら何が書いてあったかっていったらね, 物凄い計算や。天文学者の奥さんをいっぱい集めて計算したと書いてある (笑)。

小久保: 手回し計算機でってことですか。

杉本: 手回し計算機でしょ。だけどそれから20年近く経って, こっちはアンチ log の表をもって, その頃20万円もするようなオランダ製の電動歯車計算機があって, それが使えないときはそ

ろぼんでやった。そろばんとアンチlogね。日本でもよその人は手回し計算機でやっていたから、こっちが勝つに決まっているわけ。

東京ではね、THOの小尾さんもアメリカにいて天体原子核物理を習ってきたわけ。小尾さんはその前に有馬朗人さんらと一緒にラカー係数の計算をやった。ラカー係数って量子力学の角運動量の足し算ね。小尾さんは天文の出身だから、両方ともわかっている。小尾さんと一緒に東京の人もやってたけど、あんまり戦力にならなかったんだ。道具立てが違うから。結局、小尾さんはNHKとか出版社とかの仕事で忙しくなった。というわけで、京都でやっちゃった。

高橋: 京都が独壇場だったと。

杉本: それで答えが出て面白かったのは、星のヘリウムのコアと水素のエンベロープで分子量が違うでしょ。それと星の半径が膨れることに関係があると。ところがね、中心が燃えてヘリウムがだんだん減ってくるでしょ。ヘリウムが減ってゼロに近くなったら分子量の変化はあんまり目立たなくなるわけ。だけど核反応は、3個のヘリウムが同時に融合する 3α 反応だから、核反応の速さはヘリウムの濃度の3乗に比例するわけや。ヘリウムの濃度が低くなってきたら、そっちが減ることのほうが効く。だから星の進化のトラックは水平分枝で一度左へ向かったのが、逆に右向きになって巨星に向かうわけや。

それでまあ計算できたから論文書こうと。西田さんがシュバルツシルトのを見本にして書いたらと言うから書いたんだ¹⁾。

高橋: 最初の論文は西田さんと二人で書いたと。

杉本: うん、そうそう。西田さんと二人で、要するにまあ僕が書いたんだよね。西田さんは書かないんだ。もちろん直してくれたんだけどね、話の筋道は僕が書いた。それで林さんが帰ってきた頃には出版できてたんだ。そしたら林さんがその論文見て、自分に感謝してないって言うからね。林さんとは時々一緒に市電になって、降りてから教

室まで歩いていくときにそんな話になった。いや、僕はそんなこと先生に感謝するもんだなんて知らなかったからさ。西田さんも教えてくれんから。林さんいないときに書いたんだしね。だからプルーフのときに謝辞を付け足した。

M2のときに林さんが日本に帰ってきて、研究室会議やって、これからどうしようかっていうことになったわけ。その頃はね、土曜日は半ドンだったから土曜日の午後はみんな空いてて、研究室会議は土曜日の午後ってことになってたわけ。あとから林さんが反省したのはね、土曜日の午後に研究室会議なんかやって、みんなデートする時間がなくなったって、何かに書いてるよ(笑)。

小久保: そんなに反省してたんですか？

杉本: いや、まあまあそんなこと言ってはったわけ。それでその研究室会議で何を言ったかっていったらね、この研究室は核融合をやることになると。で、核融合はプラズマ研究所がもうじき名古屋大学にできると。それでそっちに就職口ができて、プラズマやってりゃ就職口たくさんあると。で、天体なんかやってると就職口がないと。さてどっちするかって言ってみんなで相談したわけ。でもみんなで相談してもそりゃやっぱり教授の言うことに引張られるんだよね。それで就職口なくてもいいから星のほうが面白そうだねってことになってね。で、核融合のほうはその頃はまあ10年たったらできるって言ってたけど、あんまりパツとしなかったということもあるしね。

高橋: それで星をやることになったと。林先生が帰ってきて、一緒に研究するようになったわけですね。

杉本: うん、重い星は林さんがアメリカでやってきたと。ほいで、お前のやり方はええ加減かもしらんけども、まあとにかく軽い星をやったと。そしたら次は中間とこやれと。それをマスター論文にせえちゅうから²⁾。

高橋: 林先生と議論しながらやったんですか。

杉本: まあ林さんに教えてもらいながら、計算は全部自分でやった。いやさ、林先生は自分が納得するまでやるからね、もう何時になっても遅くまで議論する。こっちはお腹も空くしもう帰りたくって。林さんはちゃんと議論するときにはお菓子までもってくる。

その頃は女の子をいっぱい雇って計算してた。女の子は2階だか1階でやって、僕は3階にいた。掘っ立て小屋だったから3階にトイレがなくてね。トイレに行くときには計算しているところ寄って、途中の結果を見てプロットして、「おいここ間違ってるじゃん」と。

小久保: すごいですね。人力で計算してるっていう。ちょっと今から想像できないですよ。

杉本: それで大質量のhelium burningの星はうんと大きなred giantになって、中間のはぎりぎりred giantになって、軽いのは水平分枝って、そういう系列になった。

そういうことを本格的にやりだした頃はね、値そのものをプロットするのじゃなくて、微分値を2次元にプロットするcharacteristic curveでやってた。でもcharacteristic curveは直感的にわかりにくいから物理の連中に嫌われて。

小久保: 時系列としては、宇宙線グループで早川さんたちと議論していたのと、修士論文の仕事をしてたのは並行してやっていたんですか？

杉本: まあ、並行だけでもだんだん修士論文に移ってるね。ドクターになってからは友達付き合いみたいなもんで一緒に仕事はしなかったよね。要するに便利屋で名古屋のプラ研に呼びつけられて遊びにちょくちょくいった。

● HHS論文

高橋: 林・蓬茨・杉本、いわゆるHHS論文もその頃でしょうか³⁾。183ページというかなりの大作ですね。

杉本: HHSを書いたのはD2だよ。林さんが星の進化の先のことまで考えて全部書くと。それで得

きあがったのがHHSなんだ。林さんの本⁴⁾に、「あれは杉本と蓬茨が手伝ったけど、全部俺が書いた」と書いてあるでしょ。ま、それはかなりホントではあるんだけどね。

小久保: そうなんですか。

杉本: かなりホントではあるんだけど、僕が一切任されたところもあんねん。僕としては林さんが知らんことをやらんことにはしょうがないわけや。おっきい顔できへんでしょ。

ちょうどその頃、シュバルツシルトがね、red giantでhelium flashで爆発が起こると。その計算を見たらさ、とにかく中心部が高温になって核反応が非常に速くなる場所があった。だけどよくよく見てみたらね、片方は理想気体の状態方程式、もう片方は電子の完全縮退気体の状態方程式。これらが交わるところでピュッとつないでる。縮退してるときはエネルギーを注入すると温度が上がるけど、理想気体のときは圧力が上がって断熱膨張して逆に温度が下がるでしょ。だからその切り替わりのところで最高温度になるんだけど、突然切り替えるとその点で温度変化が不連続になってしまう。実際には中間的な縮退度を正しく扱おうと滑らかに変化するはずや。

高橋: 本当はそこまで温度は上がらないと。

杉本: それで本当の最高温度を出すためにはどうやるか。さっき話したみんなの嫌いなcharacteristicsがどう変わるかを調べればよろしいと。characteristicsが変わるのは2次元面上だからストークスの定理を使った。あんなもんにストークスの定理なんか使った人はいないと思うけどね。ストークスの定理だとか、そういうもんはやっぱり林さんが正しく理解させてくれてたからだね。それでhelium flash、さらにcarbon flashのところでやった。それとかhelium burningの進化で、HR図の上で見ると始めは星の半径が縮み、後で膨らむのはなぜかとかさ、そんなところは僕が書いたんだ。

高橋: そのあたりを杉本先生が担当したと。林先

生はどういうことをされたんですか？

杉本: 林さんはNASAでやった重い星の進化から始めてさらに先の超新星になるときはどうなるとか書いた。あと、林さんはred giantのところでsurface convectionをやるのにconvectionの理論をちゃんと作らにゃいかんとか言ってね。mixing length theoryというパラメータで記述するのじゃダメだとか、それで随分議論やった。あれは結局きちんとした答えは出なかったね。

高橋: 当時は星の進化の研究が盛んだったと思うのですが、日本にはほかにもそういう研究者はいたんですか？

杉本: 東北の一柳さんとか有本信雄さんとかさ、もっと年上の人も星の進化をやったけど、あの辺の人たちはもっと観測とちゃんと合わせましようというので、そんなとこまでやらなかったわけ。だから京都は中心核の進化の先のほうをやって、東北は観測と合わせられる進化の始めのほうをやって、そういう分業ができた。こっちは天文学知らんからね。観測となんか合わせられへん。

高橋: そういう住み分けをしてた。HHSは京都グループの大作ということですね。

杉本: あと、HHSの1年前、1961年のProgressのSupplementに大野、坂下、大山(襄)さんが超新星爆発のdynamicsの話を書いた。その中で僕が目にしたのは、星の中心部で何かエネルギーがボンと出ると、最初、圧力波は球面状に広がるでしょ。そうすると表面積が広がって、ショック波の強度は減衰する。spherical dampingというわけ。しかしあるとこまで伝播したら、球であることはあんまり効かなくなるわけね。それよりも星の内部でのもとの圧力が下がることが重要になる。ショック波の強さって、元の圧力の何倍とかいうて表すでしょ。だから、その後はpressure growingが効くという話。ふーん、なるほどと思うてね。幾何学形状によって物事の進み具合は随分違うもんだねと。だからさ、素粒子でみんな同じことばっかりに集中しているような世の中

でなくて、みんなそれぞれ違うことをやってる中にいて、随分得したと思っているよ、僕。

小久保: それはみなさんがやらないことをやったとか、そういう意味ですか？

杉本: つまりさ、いろんなとこからいろんなことを吸収した。吸収したというか教えてもらった。それと「弁証法の諸問題」とか経済学のこととか関係あって。僕は真面目に勉強するような人間と違ってさ、わりと物事を広い土俵でやれとかそんなことばかり言っていたでしょ。素粒子しか知らんようでは困るとか。

小久保: 資本論を読んでいる段階で、結構ちゃんと勉強しているように思えますけど。

杉本: いわゆる学校の勉強じゃないんだよね。カリキュラムの勉強せずに遊んでばっかりいたからさ。だから駒場問題のときだって経済学の先生とだって教授会で論争した。できるんだよ。

小久保: その辺の話は後で詳しく聞きたいと思っているんですけど。

●林トラック

杉本: それとHHSにはね、red giantのここではconvectionが大きく広がってどうのこうのと、林トラックみたいな話を書いたんだよ。みんな、林トラックって林先生だけが発明したと思っているけどね。

小久保: そこにもうすでに書いてあるんですか？

杉本: うん。林トラックを「登っていく」進化はそこにすでに書いてある。ただ、定量的にはちゃんとは書いてない。原理は書いた。でも星が誕生して主系列に至る前に林トラックを「降りてくる」というのは、もっと後で林先生が初めて言った。

小久保: そうなんですか。林トラックは中野(武宣)さんと見つけたんではないんですか。

杉本: 林・中野よりもうちょっと前や。要するに星が生まれるときに、星の構造の準定常解があるのはHR図のred giant branchだけやと。そこへ

生まれかけの星がボンと飛ぶんで星が生まれる。その話はね、ある朝、林さんが院生の部屋へ出てきて、「杉本くん面白いもの見つけたよ」とか言って。それが星の誕生の話になって、さらに太陽系の話につながった。

小久保: 僕も林さんに直接聞いたことがあるんですけど、林さんはやっぱり林トラックで星がどうやって生まれてくるかっていうのをある程度理解したと思ったそうです。それでそれを初期条件に惑星ができるどころ、太陽系の起源というのをやれるときがきたと思って、そこに進んだって言っていました。だからあの研究がなければ先にはいけなかったという風に言っていました。

杉本: それはそうだね。だから物事には歴史があってね。実は1955年のシュバルツシルトとホイルの論文にね、球状星団のred giantが進化して、今でいう林トラックをずうっと上がっていくという話を書いてある。そのときにsurface convectionが深くなるよ。

小久保: ああ〜そっか、同じことか。

杉本: シュバルツシルトの教科書にも書いてある。それをね、林先生は状態方程式もopacityも全部ちゃんと計算に入れてやったんだよ。シュバルツシルトのは「ま、こうなるんだろうね」っちゅうぐらいの感じだよ。それに使い方の文脈が違う。林さんは星が誕生したとき、そのラインに沿って下がってくるという話と結びつけた。科学の認識はそのようにして徐々に接続的に進むものなんだ。

●林忠四郎・早川幸男から学ぶ

杉本: 話はHHSに戻るけど、林さんに言われて蓬茨君と僕とで一先懸命、数値計算して図を書いたわけ。パラメータの範囲もうんと広げて。そのときにlog-logプレーンで書いたんだよね。だから赤色巨星を含むような解に対するパラメータの範囲まで広げられた。

その頃ドイツではキッペンハーン (R. Kippen-

hahn) とかワイゲルト (A. Weigert) とかが進化の計算をやっていた。イギリスではホイルとヘーゼルグロブ (C. B. Haselgrove), アメリカではシュバルツシルト。ヘニエイ (L. G. Henyey) はもうちょっと後かな。その後、キッペンハーンが言うのにはね、「京都ではred giantになるところをちゃんと見つけた。ドイツでやってもそれはお化けみたいなもんで解がぐじゃぐじゃになってきて逃した」と。それはなんでかという、京都ではlog-logプレーンにプロットしたから真数でゼロのあたりがよく見えた。シュバルツシルトの本もそうだけでもドイツの連中はlogでなく真数でもってプロットしていたから肝心なところがよく見えなかったんだ。シュバルツシルトが「log-logプレーンでやるのは林のinventionだ」と言っていた。確かにそうなんだ。

小久保: それは林先生の発明なんですか？

杉本: 林先生の発明だ。林先生がlog-logプレーンでプロットせいちゅうて。だから、僕らはそういう風にするもんやと思ってた。

小久保: 何でlog-logがいいと思ったんですか？

杉本: 林先生、そろばんができないので計算尺でやってたから。計算尺ってlogスケールでしょ。それで対数、好きだった。僕もそろばんは小学校のときに毎朝やらされたからできるんだけど、掛け算は面倒くさくてしないからさ。僕にもlogのほうが都合がよかった。

小久保: logのほうが依存性を見たり物理的に物事を見たりするのに適しているという風に言っていますよね。

杉本: それはね、要するにlog-logのほうが広い変域でものを議論できるでしょ。特にゼロのあたり。天体の物理と普通の物理の違いはね、土俵が広いというか変域が非常に広いところでやるでしょ。だからlog-logでないといかんのだよ。

それとね、早川さんが天下の秀才でね、西村純さんも言っていたけど、あの論文はPhysical Reviewの何号の何頁の何行目に書いてあるまで

知っとるとかいう。ほいで早川さん、物事はオーダーエスティメートをして、オーダーでもって物理現象どうしを関係づけて考えるという。オーダーエスティメートの仕方とかそういう考え方が、僕は大学院のころに早川さんから習うたな。

高橋: 宇宙線のグループの議論の中で?

杉本: いやそれもあつたし、それから特別講義にこられたりしてね。彼は基礎物理学研究所にいたから。そのこともlog-logと関係あるんだ。

小久保: そういう見方は早川さんなんですか。

杉本: 林さんもそういうこと言ってたけど、早川さんは特にそういうことを言ったね。あの人はとにかく何でも、わけのわからんことでも5分あったらオーダー計算して物事の答え出しちゃうんだから。林さんはそんなええ加減なことやんない。

小久保: きっちりしている。

杉本: きっちり。僕が名古屋に行っところ思ってたのは、林さんと議論してたら安全やど。ええ加減なこと言うても、きっちりしたとこまで詰めて議論する。早川さんは頭がええから間違っことでもすぐに理解しちゃってね。それで通ってしまうから危険で。

小久保: 間違いのまま進んでしまうこともある。

杉本: うん。そもそも、なにが正しい考えかはっきりしてない事柄を議論してるんだから。だから二人はかなりcomplementaryだよな。そういう意味で両方から習って良かったんだ。

小久保: すごい。林先生だけでなく早川さんから学んだところも相当あるんですね。

杉本: あるよ。

高橋: 林さんと早川さんは個人的にも仲が良かったんですか?

杉本: うん。早川さんは林さんを天体核現象の研究グループに引っ張り込んでね、それでその後ずうっとやってたわけだから。天体のことがわかって原子核物理もわかるちゅうたら、そのくらいしかいなかったんだから。

高橋: ちょっとHHSに戻りますが、これはかな

り長いですがレビュー論文ではないんですよね?

杉本: レビュー論文じゃないんだよ。

高橋: 新しい結果も入っている?

杉本: 新しい結果ばっかり書いた。新しい結果を書くためには、それまでのところをある程度はまとめんならんどこあるでしょ。いわゆるレビュー論文と呼ばれるものだとレフェリーがあればある、これもある、これを引用してないのはけしからんとか言うてくるでしょ。そういうたちのものとは違う。

高橋: 新しい結果を説明するために。

杉本: そのために必要なものをまとめただけ。林先生、わりと物事まとめるのうまかったんだ。例えばベクトル場には極性ベクトルと軸性ベクトルとあると。両方あったらどんなベクトル場でも記述できて、一方はカールフリーでスカラー・ポテンシャルで表せる、他方はダイバージェンスフリーでベクトル・ポテンシャルで表せる、そういう数学的形式になってんだよ。それと電磁気学とはどういう関係にあつてとか、そういうものの理解の仕方ね。それから、ボルツマン方程式みたいなめんどくさいもんは、モーメント方程式にして何次かで経験則を入れてtruncationして解くとかね。複雑なシステムはlinearized stability theoryでもってやるだとかね。そういうことをいっぱい習って、なんかごちゃごちゃしてるのをスパッと整理するのはわりとうまかったんだ。林さんと関わるようになってから、ある日突然、物理学が全部わかった気になったね。素粒子論のややこしいことは勉強しなかったからわからなかったけど。

高橋: 林先生と論文を書いているときですか?

杉本: うん。M2になったらある日突然。

高橋: 林先生のものを見方を学んだと。

杉本: 林さんのものの整理の仕方だ、たぶん。あんまりこだわり過ぎて嫌なこともあつたけどね。

それから僕はD1で結婚して子どもができたもんだから、飯を食わさないといかん

しょ。それでD3のときに大阪市大で助手公募があったから、いくちゅうたん。そしたら林さん、いくなちゅうて。今やってる研究、もうちょっとここでやれちゅうて。そのときは林さんに負けたんだ。それでドクターコース終わったときにはね、京都大学の助手のポストなかったんだ。もうちょっと後でポストができて、佐藤文隆が助手に採ってもらって良かったんだけどね。天体核のためには良かったんだけど、僕はそんな待ってられへんからさ、それで名古屋にいくと。そしたら林さん、またいくなちゅうからさ。今日は絶対に勝つぞつうて、夕方に飯いっぱい食ってからいった。それで林さんが腹減るまで粘って勝ったんだ。「しょうがねえな」とか言って。

高橋: いくなどというのは、自分のとこで一緒に研究をして欲しいという。

杉本: 林さんはそういう気だったんだよ。HHSだっていっぱい手伝ったんだから。

高橋: 助手のポストが空いたらそこに。

杉本: という気はあったんだろうね。ほいで名古屋の早川さんのところにいった。その後も林さんは京都にいた弟子どもを年に一度集めて。

小久保: 勉強会みたいなのしてたんですか？

杉本: 年末だったかな。みんな順番に発表させてそれで文句つけるわけ。そのとき早川さんが書いたものを見て林さんが言うには、「早川君が何でこんなこと知ってんのかね」と。それで僕は「これは僕の入れ知恵だ」って。その逆も成り立つわけだよね。早川さんと林さんて、やっぱり知っていることだいぶ違うからね。で、僕はどっちも知っているみたいに見えて得をするわけ。

高橋: そういう偉大な先人が二人、身近にいたというのはすごいことですよ。

杉本: そう。そんなに年、違わないんだよね。林さんと僕と16歳の違いだ。早川さんは林さんよりもうちょっと下。だから先生と学生は兄弟ぐらいがええちゅう。ちょっと上の兄貴ぐらい。

高橋: 林さんと早川さんは結構スタイルが違うわ

けじゃないですか。その二人が議論するときにはちゃんと噛み合うんですか？

杉本: 早川さんが名古屋いっちゃってから、二人はあんまり学問の具体的な議論はしなかったね。その頃はどっちも忙しかった。一生懸命議論やってたのはTHOの頃だよ。

小久保: THOは影響力あったんですね。

杉本: 違う分野の人が一緒に集まって議論するなんてことはそれまでなかったわけ。その噛矢、始まりだったという意味でね。そういうことをやろうとிட்டのは湯川さんだからさ、湯川さんの最大の功績の一つはそれだ。生物物理やってた人だっているんだからね。基礎物理学研究所でネズミ飼ってたやつがおるんだから。

高橋: へ～、ネズミを。

杉本: そっちはその後、実らなかったけどね。そういうことを奨励した。周りのやつは「素粒子論に非ざれば人に非ず」って言ったけどさ、湯川さんはそんなことなかったんだ。

小久保: 何なんですかね、その乖離は。

杉本: 湯川さん、あんまり偉すぎたからじゃない？ 神さんにしちゃったから。

●日本の相対論研究の発展のきっかけ？

杉本: 僕らが大学院の頃にホイーラー (J. Wheeler) が基礎物理学研究所にきて、*geometro-dynamics* って知ってる？

高橋: 相対論ですか。

杉本: 相対論。要するに何でも幾何学にすんねん。ホイーラーってのはブラックホールの名付け親だったりして、そんなことも含めて全部 *geometro-dynamics*。その特別連続講義をやった。その頃はね、みんな英語もあんまり通じなくて大学院の連中は自分で英語で質問できたりせんかった時代の話。林さんがみんな聞きにいけて、それで大学院生みんな聞きにいった。でも難しいから結局みんな落ちこぼれてね。ちゃんとしまいま

で勉強したのは佐藤文隆だけやねん。ほいで彼はそこから相対論にこりだしたんだよね。

ところが佐藤くん、実はその前にね、宇宙の初めの核融合の計算をせいかいいうので、nuclear reaction networkの計算をコンピュータでやりかけた。そしたらね、佐藤君、なんぼやってもでけへん。そんでまあ、そんなアホなことにかかわらず相対論の高尚なことをやろうと思ったのかどうか知らんけど(笑)。

もうちょっと話をさかのぼると、僕がM2の頃だったかな。西田さんがアメリカにいて、日本でも7090が使えるようになって、基礎物理学研究所から100万円つけてもろうた。その頃の100万円でごつい金だよ。月給2万円にもならんようなころの話だからね。計算料は1時間で36万円だったかな。

小久保: どこにあったんですか、機械は。

杉本: 機械は東京の何たらという会社に一つあってね、もう一つはユニコン(University Contribution)という7090の共同利用組織が作られた。森口繁一さんがFortranの解説書を書く前の話や。西田さんがアメリカで7090を使おうとして、僕に手紙寄越して「杉本さん、マニュアルあるかね」て。日本語のマニュアルなんかないわけよ。1cmもない厚さの英語のマニュアルはある。ほいで俺もちゃんと勉強するてんで、冬休みに正月の煮しめを食って酒飲みながら1週間足らず勉強して、それで俺もちゃんと専門家になったんだ。そのくらい人がいなかった。

小久保: Fortranの専門家になったんですか?

杉本: そういうこと。ほいで2月か3月になって、僕が大学院で講習会やった。中野君と佐藤君が聞きにきて、中野君は使えるようになった。林さん

が林リミット見つけたときに具体的な計算で使われたわけ。でも佐藤君は使えなくて……。そのおかげで相対論が発展したんだ(笑)。

小久保: いやいやいや、そうなんですか(笑)。

(第3回に続く)

謝 辞

本活動は天文学振興財団からの助成を受けています。

参考文献

- 1) Nishida, M., & Sugimoto, D., 1962, Progress of Theoretical Physics, 27, 145
- 2) Hayashi, C., et al., 1961, Progress of Theoretical Physics, 25, 1053
- 3) Hayashi, C., et al., 1962, Progress of Theoretical Physics Supplement, 22, 1
- 4) 佐藤文隆編, 2014, 林忠四郎の全仕事(京都大学学術出版会)

A Long Interview with Prof. Daiichiro Sugimoto [2]

Keitaro TAKAHASHI

Faculty of Advanced Science and Technology,
Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami,
Kumamoto 860-8555, Japan

Abstract: This is the second article of the series of a long interview with Prof. Daiichiro Sugimoto. He started his research on stellar evolution with Prof. Chushiro Hayashi, who had just launched his laboratory in Kyoto University, when he was a graduate student. How was the dawn of nuclear astrophysics in Japan?