

佐藤文隆氏ロングインタビュー

第3回：大学院時代



高橋 慶太郎

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

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

佐藤文隆氏のインタビューの第3回です。佐藤氏は大学院で林忠四郎の天体核研究室に入りましたが、林氏や他のスタッフから直接指導を受けることはあまりなく、独自に研究テーマを模索していきます。基礎物理学研究所などで開催される様々な研究会、国際会議を通して佐藤氏は最先端の宇宙物理・天文学に接します。当時はQSOが発見されてブラックホールと結びつけられたり、ニュートリノが2種類あることが発見されたりなど、宇宙物理や素粒子物理学で大発見が相次いだ時代でした。そのような中、佐藤氏は宇宙線・一般相対論・ビッグバンに深く関心をもち、これらが生涯の研究テーマとなっていきます。今回は佐藤氏の研究者人生の方向性を決めた大学院時代について伺います。

●林忠四郎研究室

高橋：前は大学院に入ったところまでを聞きました。林忠四郎研究室に入ったということですが、林さんはアメリカに行っていてしばらくいなかったわけですね。助教授とか助手はいたんですか？

佐藤：ええと助教授はたぶんそのときはいなくて、湯川研から林さんについてた西田（稔）と寺島（由之助）というのが助手でおって。

高橋：2人とも助手ですか？

佐藤：うん。それで西田さんはもともと宇宙の元素の起源というような、天文の方にいましたね。で、寺島さんは湯川研なんだけど、早川幸男が基研の教授だった時代に、宇宙線の宇宙物理的な側面で指導受けた人。だから寺島さんは早川のお弟子さんなんですよ。で、僕1960年に大学院入るでしょ。早川が名古屋行ったのは、前の年くらいなんですね。それまでは湯川研に寄ってくるのを適当に分けて指導してた。

高橋：とりあえずその助手の方たちに指導を受けるということですか？

佐藤：そうですね。M1の最初は西田がB2FH (Burbidge, Burbidge, Fowler & Hoyle, 1957), それで寺島がスピッツァーの“Physics of Fully Ionized Gases”でした。

高橋：それを読むと。

佐藤：うん、それがM1ゼミで。ただ僕はほかの研究室のM1のゼミにもものすごく熱心に出ました。湯川研のボゴリウポフの場の理論のゼミなんていうのはもう僕が中心みたいなものでしたね。それからもう一つ、まあプラズマを学習するというのが念頭にあったもんだから、流体力学の巽友正っていうイギリス帰りみたいな助教授がおって、M1用に1年講義しはったんですね。初めの2, 3回はその研究室の人以外にも何人か出てるんだけど、あっという間にいなくなった。それで彼の部屋でやることになって、乱流の統計理論みたいなやつを勉強しました。その研究室の院生は同級生で1人だけ。僕はそこで最後まで1年聞いた

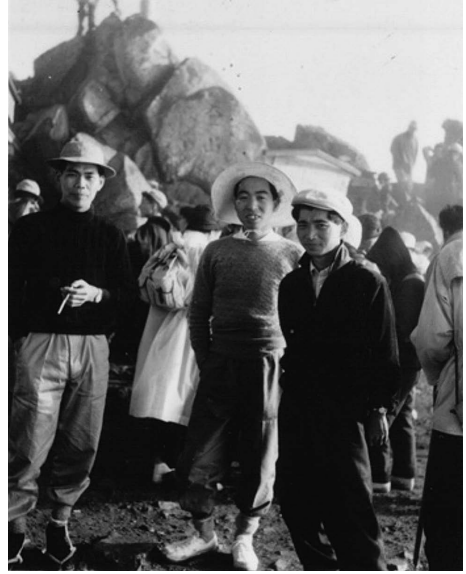
んですけど、こんなノート残ってるんですよ。だからM1のときはあんまり林研という意識はなかったですね。基礎的なことをやってなきゃいかんというのが、今でも時々京大の物理で言われるんだけど、いわゆるジェネラルエデュケーション。これは林さんがアメリカをちょっと見て洗脳されて持って帰ってきたもので、要するに特にマスターはジェネラルエデュケーションで研究室に特化しないで勉強しなきゃいかんのやと言いつたんですね。アメリカではそうだとか言って、僕はそれをいいことに、あんまり林研にあまり特化しないような、ジェネラルエデュケーションが大事って言ってるんだから、ほかのところにも熱心に出た。そんな感じやった。

高橋: 林さんがM1の9月に帰ってきたんですよ。そこから何か始まらなかったんですか？

佐藤: 僕には何も始まらなかった。で、もちろん始まった人もおるのよ。9月に帰ってきて、蓬茨（霊運）君はたぶんすぐにつかまったんやね。原始星の構造の数値計算みたいので。だから有名なHHS（Hayashi, Hoshi & Sugimoto, 1962）というのは、その蓬茨が入ってるわけ。林さんが帰ってからあの論文出るまでなんて1年くらいやから。だから蓬茨君はたぶんすぐにつかまったんやと思うわ。僕は帰ってきて林さんに最初にお目見えしたときは、「君は寺島さんに相談しなさい」って寺島助手に割り振られたわけ。だけど寺島助手は、次の年にもうプラ研の助教授に移る。もうその頃プラズマ物理がものすごく就職がよくて、彼はもう浮足立ってるような感じやったな。だからすぐ、小1年でなくなっちゃうんや。それで全く一人身になるんです。

高橋: 指導してくれる人がいないわけですか。

佐藤: だからM1のときというのはそんな感じやな。まあプラズマ物理の基礎を勉強しようと思ってた。だからボルツマン方程式とかフォッカー・プランク方程式とか、それから今でいう物性論の理想気体から非理想気体に移る近似の仕方だとか



林研究室同学年（当時M1）の左から百田弘、佐藤文隆、蓬茨霊運の3人（佐藤氏提供）。蓬茨氏の実家に泊まり立山連峰に登ったとき。

ですね、ああいうのを結構勉強したですね、海賊版の英語の本で。その後あんまり役立たなかったけど。そういう統計物理学指向でしたね。乱流というのもプラズマ物理の基礎だと思ってて、そのプラズマ物理でその頃turbulent diffusion（乱流拡散）とかいう言葉がやけに流行ってた。

高橋: 杉本（大一郎）さんとは何か交流があったんですか？

佐藤: ないですね。杉本さんとしゃべったのは、ずうっと後だと思うわ。この頃とにかくあのHHSの論文の追い込み期で、もう杉本さんは捕まりっぱなしだったみたいね。蓬茨君もそうだった。だから杉本さんがどこかに書いたのにあるやん、博士号取ってとにかくここにおったらダメになると思って名古屋に逃げたっていう（笑）。もう年がら年中林主導で、なんか呼び出されるんでしょ。この前の計算どうなったっていうので、計算出したら林さんはあの頃若いから非常に細かく見てたみたいね。それで杉本さんちょっと気になったようなのをこう出すと、あっという間

に林さんが気がつくというような感じやったんじゃない。ある意味で林さんは一番脂が乗りきったときですからね。

だから林が亡くなってから林フェーズ50年の国際シンポジウムでしゃべる機会があったんだけどね、僕はこう切り出してるんですよ。林が有名なのは宇宙物理学で林フェーズでしょ。あれ、教授になってからの論文ですよ。それならこの人なんで教授になれたんだろうという興味の持ち方が当然あるわけですよ。ましてやあの頃はほんまに湯川研っていうのはすごいんだから。そこに身を置いたものでないかわかんけど、だから林研ゆうたかて世間から見れば湯川研で、その教授に選ばれるんだから何かアウトスタンディングなことをやってなきゃと思うのに、彼の業績で一番くるのは教授になってからの研究。というように、林さんのバイオグラフィーを語るときの掴みにしてるんだけどね。そういう感じですから僕が入って1,2年が一番脂のりきってた頃なんでしょう。

高橋: 教授になってから一番の業績が出るってすごいですよ。

佐藤: だからこっちなんてもう「君は寺島君に相談しなさい」って。なにしろ数値計算が大変なときだから、それで蓬茨君と杉本さんを捕まえて。大型の計算機がまだないんだから。大型が始まったのは1964,65年ですよ。

高橋: じゃあ佐藤さんはHHSでがんばっているのを横目で見ながらという…

佐藤: その3人の世界で進んでるっていうのはオンタイムには僕は知らなかった。あの論文出た後に初めてあれはすごいんだって話を聞かされたね。

●宇宙線国際会議

佐藤: 僕自身の話で言うと、転機となったのはね、1961年です。その年ね、IGY宇宙線合同国際会議っていうのが京都であったんです。IGYっていうのは、International Geophysical

Yearというのかな、要するに国際地球観測年ってやつがその前に数年間あったんですね。そのときの出し物は、ロケットが上がって電離層とか磁気圏を観測するとかいう話と、宇宙線も流行ったのかな。いわゆる宇宙線の国際会議ってずいぶん歴史があって、今も続いている。あれの合同会議が京都であったんですわ。戦後の大きな国際会議では初めの方でしょ。で、このころの宇宙線は宇宙線の起源がトピックですね。ニュートリノとかじゃなくて宇宙線の元素組成とか、どっちかというと宇宙物理とのつながり。それが早川・寺島論文なんだね。寺島さんがこの会議の準備にずいぶん絡んでたんやな。それで僕にアルバイトをせいと誘ってくれたんです。岡崎の京都会館であったんだけど、アルバイトでずうっと出てました。仕事ないときでも出入りできたから、わからんままに聴いてました。これがある意味で一生を決めた1つやね。プラズマの理論というのはその当時は天の部行くか地の部行くかですよ。天と言ってもスペース、だからロケットが上がってという意味ね。そういう宇宙空間という意味のと、銀河宇宙線と一緒になったようなテーマの会議だったんです。それでプラズマやって、それでアストロという方向が決まったのはこのときから。

高橋: それはM2ということですかね。

佐藤: M2です。

高橋: じゃあM1まではまだ宇宙っていう意識はなくてそこで宇宙を意識すると。

佐藤: うん、M1はむしろプラズマ物理を研究するんだと。それでこの大会全体の総支配人みたいなのは、あの頃の有名人、永田武です。南極越冬隊長として世間でみんな知ってる。で、外国から結構大物がきてたよね。それでちょっと英語できる助教授くらいの方が有名な外国人のサポートにつくわけですよ。アルフベンもきたんだけど、アルフベンにもある助教授がついてる。その助教授の小間使いみたいなのが僕のアルバイトでした。

高橋: え、アルフベンの世話をしたんですか？

佐藤: その人がアルフベンだというのは後から聞いたんだけど、ある大きなプレナリーセッションで、助教授がそばについて、その後ろに僕がおってみたい。それで助教授がたまたま席を外してるとき、アルフベンが僕に直接、「水が欲しい」って言ったんだ。でも「ウォーター」っていう英語がわかんなくてね。綿みみたいなイメージしちゃったもんだから、ウォーターウォーターって。したらあっちがここはドイツ語が通じるのかと思ったらしくて、「バッサー」って言ったんですよ。バッサーってドイツ語で水なんです。僕はそれであとわかって水持って行ったら感謝された。それが外人としゃべった初めて (笑)。

高橋: ああ、ドイツ語の方がわかったわけですね。

佐藤: うん、英語は発音がわからなかった。アルフベンはまだノーベル賞もらってなかったけども、控室に帰ってからあれが有名なアルフベンという話を聞いて感激しちゃったですよ。この分野ではそれこそ創始者ですからね。

高橋: そこでアルフベンと会って、いろんな講演を聞いて。

佐藤: 漠然とわかった。で、この年にね、このイベントに合わせたんだろうけども、大林辰蔵とか永田武とかあのへんが何人か一緒になってこういう分野のいろんな人に文章を書かせて、日本語の本が出るんですよ。なんか結構高かったけど買って読んで、国際会議のときに聞いたわけわからなかった話がこれかみたい。結構理解を深めたですね。これで僕自身、宇宙線の起源というのに興味を持ち出します。それでマスター論文書かないかんというので、宇宙線の加速、まあ半分プラズマ物理ですけど、プラズマの波動のエネルギーが粒子に移るプロセスみたいなのでこの分野に入っていきますね。

高橋: それが修士論文なんですね。

佐藤: うん。だけどそれは何かオリジナルなのを入れなきゃいかんというので、アルフベン波による粒子加速の計算をした。それと、2次宇宙線か

ら始まって宇宙物理的な起源につながるという膨大な歴史話を勉強したのが書いてあります。ほとんどレビュー論文です。だから古い流れを勉強しましたね。

高橋: それは寺島さんに見てもらってということですか？

佐藤: いやもうその時は寺島さんいなかった。だから61年の後半くらいにプラ研の助教授で名古屋に行ったんじゃないか。そのときは名古屋大学付置やったからね。

高橋: では1人でやったということですか。

佐藤: うんそうです。全く1人やった。

高橋: 修士論文のオリジナルな部分は後々論文にしたんですか？

佐藤: うん、プロGRESSのレターで出てます [1]。まあだけど知れた論文ですね。消してしまいたいような (笑)。だから初めは結構太陽の表面の現象やら電離層やとか雷やとか、今でも僕は趣味的に好きやけど、ああいうのを一連の話として勉強しましたね。ここはある意味でスペースとアストロがまだ分かれてないような感じで。で、この年は大林辰蔵がNASAに行行って帰ってきた年なんですね。大林辰蔵は京大工学部で電離層をやっているグループの助教授くらいでNASAに行ったんかな。それで帰ってきていわゆるロケットを上げる宇宙研のグループの中心人物になっていくわけですけどね。大林がまだ京大の助教授のときに林さんが集中講義を頼んで、粒子加速の話をしたんです。プラズマで粒子加速というのが起こるんだ、みたい。それでそのレポートでまた分厚いの書いたんですよ、僕。単位を与えるアリバイだからほんまに1枚でいいのに、レクチャーノートみたいなのを書いた。それがこの時期と重なってるんじゃないかな。それは大林さんに僕の名前を覚えさせたんです。それはプラ研の季報みたいなのに後で投稿して残ってるけど。僕がアストロになったのがね、その1962年あたりからです。

高橋: それはドクターになってからということ

すか？

佐藤：うん。ドクターになって、寺島さんもいなくて、もう全くの一人身になったみたいな。

●銀河の研究会

佐藤：それでちょっと心細いみたいなんがあったときに、基研の結構大きな研究会のシリーズが始まるんですよ。基研ができて最初の研究会は有名な「星と原子核」研究会で、それは物理の林とか早川と天文の畑中（武夫）や小尾（信彌）らをつなぐようなものだったんだけど、あれは基研の共同研究的な活動として大成功だったわけですね。それは3年か4年続いたんでしょうけど、今度のはそれに続く第2弾みたいなふれこみで始まったアストロ関係の研究会なんですよ。「銀河の構造と進化」という研究会シリーズでした。「星と原子核」の次で、今度は銀河と宇宙線だみたいな。やっぱり畑中武夫が毎回出てきてて、武谷三男と畑中が一番前に座ってみたい研究会でした。林はあんまり出てなかった。林は主要メンバーじゃないけど、早川は主要メンバー。

高橋：そうなんですか。林さんはあまり出なかったんですか。

佐藤：うん、そのへん不思議なんだけど。で、僕はこれに飛びついたんです。この研究会の最初に天文関係の人の講義みたいなのがいくつかあったんですね、1時間半くらいの。最初のは一柳寿一という東北大の相当の年の人の銀河の話。天文の方の話から膨張宇宙までいったような気がする。だけど銀河の渦巻きがどうか密度波理論とかは何にもなかったです。そういう銀河じゃなくて、主なのは電波天文。日本で宇宙電波を始めようとしてたわけね。森本（雅樹）さんがオーストラリアから帰ってきてとか、赤羽（賢司）さんとか、日本で宇宙電波天文学を始めようとしてる連中がこの研究会を宇宙電波立ち上げの起点にしようとしてたのかも。宇宙線で電波と結びつくのはシンクロトロン放射、銀河電波のコンティニュー

ム（連続波）、relativistic electron（相対論的電子）だとか、あのあたりがホットトピックスですね。この頃の電波天文が狙った遠くの銀河は全部コンティニュームを見てるんだね。その後ラインになって海部（宣男）君とかが活躍したけど、このときはコンティニューム。波長分解ができない時期でコンティニュームしか測れなかったんじゃないかと思うけど。このあたりで僕、完全にアストロになりました。観測の話が多かったから銀経銀緯とかあいう座標がどうだみたいな話、にわかに勉強しましたわ、自分で。

高橋：じゃあ電波で、シンクロトロンで、宇宙線っていうつながりですか？

佐藤：そうそうそう、僕はね。畑中さんがこの何年か後に急死するわけだけど、畑中さんは割合中心やったね。いつも紳士のきちんとした格好して。それで森本といううるさい若造がおってみたいな（笑）。

高橋：森本さんいらっしゃったわけですね。

佐藤：うん。もう人気もんやったね。主役みたいな。だから僕はこの辺で研究者になるわけです。宇宙線の加速、シンクロトロンってあたりで初めて論文を書きます。この頃、僕は「先生は？」と言われたら、「早川先生です」というてたような時期です。あの頃、M2とかD1とかのとき名古屋によく行った。旅費どうなったのか知らんけど、プラ研の旅費かな？ 早川研の木造の2階建てみたいところに何回か行って、その頃早川さんが家を新築して、「今晚家で食べ」ってなんかも覚えてる。

高橋：宇宙線の議論をするためにってことですか？

佐藤：うん、その時は宇宙線の起源みたいなことですね。

●QSOとブラックホール

佐藤：それと、この辺はいわゆるQSO（quasi-stellar object）の大発見の時期なんです。この

研究会はQSOに刺激されたんじゃなくて、電波天文と宇宙線の接点みたいなので開催されたんでしょけれども、始めてみたらこのQSOの発見というのが天から降ってきて、急にNature誌上に賑わすんです。毎週ホットなペーパーが出るような。それでこの研究会でもQSOがトピックスになっていくわけね。それで早川にしろ、ときどき出てた林さんにしろ、やっぱり最初はQSOを原子核エネルギーで説明しようと思うんですよ。武谷三男がパイル理論って名づけたんですけど、パイルって原子炉の意味ですよ。原子炉で連鎖反応が起こるみたいに超新星爆発が連鎖的に起こるというモデルがこの研究会の1つのテーマになった。

高橋: 最初、系内か系外かもわからなかったんですよ？

佐藤: いやいやQSOという認識は系外とわかってからです。べらぼうなエネルギーっていうのはやっぱり距離がわかって初めて認識するわけ。ゼット（赤方偏移）で距離がわかった時点でQSOが世紀の大問題ということでしょ。そうでないときは単なる電波源の1つで、電波天文的にはQSOは1960年くらいからあるんでしょ。それでゼットを測って遠方なんだとか、時間変動があってそれが結構短かったからコンパクトなんだとかですね。それで大問題化するんです。

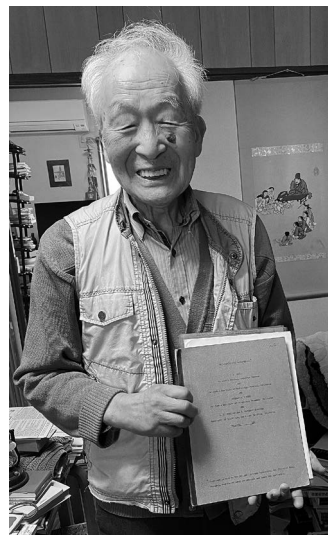
その当時基研だけにNatureが航空便で送られてきてたけど、僕はそこに毎週通って「今度、何載ってるだろう」って。それでこの分野では早川は名古屋やし、それから電波天文の連中はみんな三鷹におったわけやろうから、京都の周辺ではあまりしゃべる人いなかった。だから1人でNature論文見て、すごいすごいという、この話はすごいんだというのはわかったね。だからずうっとそれに引き込まれていく。

高橋: そのへんは林さんはあんまり興味は持たれなかったんですか？

佐藤: うん、これに特別にはなかったね。ただ

ね、また独立な話やけど、この年にジョン・ホイーラーが1ヵ月以上基研におったんですよ。プリンストンの物理のジョン・ホイーラーと湯川っていうのは戦前から会ってるんですね。それで戦後、今度は湯川ファミリーがオープンハイマーに招かれて、プリンストンにおるときもホイーラー夫妻が面倒みるんですよ。だからものすごく親しい関係。それで湯川が日本に帰ってから、毎年のように院生をプリンストン大学の方に送ってたんやね。

で、その1人が学位取って日本に助手として帰ってきた。ホイーラーがその教え子に日本観光を案内させたらリラックスできるみたいなことがあった時代ですよ。奥さんと一緒に1月半くらい日本において、それで1週間に1ぺんくらい基研で講義したわけ。結局7回くらいしてたけど、僕はそれ真面目に全部出た。何講義したかもよくわかんないんだけど（笑）。ただね、要するにあの頃まだブラックホールなんて全然流行る前だけど、彼には一般相対論が宇宙で重要になるという理論の話がすでにあったわけね。そういう話をしたんだらうと思うんだけど、とにかく僕はわか



ホイールらのプレプリントを持つ佐藤氏。佐藤氏の書齋にて。

らんのに熱心に出たんですわ。これは基研研究会と並ぶもう1つ大きなインパクトやったね。インパクトっていうのは、周りの先輩とか早川・林とかまで含めても全然知らない話が世の中にあるんだと。その中身はわからんけども、それでこの頃からいろいろ基研の図書室でホイラーを入り口にして文献漁りを始めたんですわ。ペンローズなんて名前を知ったのもそういう中でですけどね。

高橋: へ〜。それまでは一般相対論は勉強してなかったわけですか？

佐藤: 全然。一般相対論というものは眼中になかったね。

高橋: じゃあここで初めて出会うという。

佐藤: うん。まだQSOと結びついてないときです。結びつくのがホイル・ファウラー・バービッチ・バービッチっていう論文なんですよ [2]。1964年。QSOが大問題になって、多くの人は日本の連中みたいに原子核エネルギーで説明しようとするわけやね。でも原子核エネルギーっていうのはなんぼいっても質量エネルギーの100分の1が限度やから。ところが相対論的重力なら最後のバウンド軌道で7分の1やったか？ とにかくあれは相対論的重力エネルギーだと。それがこの論文なんですよ。

高橋: 重力は効率がよいわけですよ。

佐藤: これ僕まだプレプリントで取ってるんだけど、あの頃キャルテックのプレプリントってのはそんなに世の中に存在しない。キャルテックのnuclear astrophysicsのグループがあって、ファウラーの実験のグループに理論屋が引|っついてるようなね。オレンジイドプレプリントとかいって、結構毎週のようにプレプリントを発行してて、林さんと共に全部来てた(写真2)。それで林さん、このプレプリントを自分でザッと見たんでしょう。で、「佐藤君、面白いよこれ」って僕に渡してくれたんですよ。QSOに関係した一般相対論の論文だと。その頃はスターライクオブジェクトって言ってたけど、僕は研究室のコロキ

ウムなんかで次々に出るNatureの観測論文の報告をいつもやってたから、林さんは僕がQSOを追っかけてるのを知ってたんです。

それでその表題がね、“on relativistic astrophysics” ということです。なんかもう教科書のタイトルみたいな(笑)。でも今見ると何のことはないね、何であれがそんなにインパクトあったのか知らんけど、とにかく一般相対論っていうのにみんな目を向けなさい、はい終わり、みたいな論文なんです。どういふうに向けるのかまでは書いてない。

高橋: まだ一般相対論を使って天体を研究するとかいうのはあんまりなかったってことなんですか？

佐藤: いやいや、1930年代にチャンドラセカールの論文で、恒星が全部燃え尽きて鉄以上にはいかなんだから、それで中性子星になってっていう星の終末の理論的な話はあるわけでしょう。それを相対論的にしたら質量に上限があって、それを超えた星は重力崩壊するっていう限界質量のお話はあったわけです。恒星進化を理論的に追いかけていくとこうなると。で、1939年のオッペンハイマー・シュナイダー論文でそれをちゃんと一般相対論使って議論しているわけです。でもそんなのは理論的には面白い話だけど、観測と関係ないと言って放っておかれたたんでしょうね。

それでこの論文の前半はほとんどオッペンハイマー・シュナイダーに書かれてることをなぞってるだけなんです、数式も。もちろんオッペンハイマー・シュナイダーの論文を引いて。その頃はブラックホールって言葉はなくて、collapsed objectって言ってた。前半はたぶんホイルが書いたんだと思う。後半はバービッジが書いたんでしょうが、このQSOはサイズの非常にコンパクトなものなんだというような観測上のサマリーをしてる。前半とトーンがガラッと違う。これですわな、僕が一般相対論になったのは。この論文です。読んでみたらホイラーの講義のあれやなあみたいなのもおぼろげながらわかったし、それ

からオッペンハイマー・シュナイダー、これはすごいなあ。時間が無限になっても落ちないんだ、すごいなと思った。僕はランダウ・リフシッツを一般相対論までバツッと読んだことがあったけども、コラプスの話は当時の版のあれに書いてないです。それであの座標変換みたいなので結構苦労しましたけどね。

●湯川秀樹に説明

佐藤: それで僕は研究室のコロキウムで、1, 2ヵ月後に自分に順番が回ってきたときにこの論文の紹介をすることにした。あの頃は林研の人数が少ないから林さんの部屋で発表やったけど、始まったらちょっと遅れて湯川秀樹がやって来たんですよ。土曜日の午後に、あの頃プログレスの編集委員会とかで林さんは定期的に湯川に会ってたんですよ。それで湯川に「一般相対論の話が宇宙物理にも出てきた」って言ったらしくて、林さんにとってもすごくわくわくする話やからわざわざ湯川に言ったんでしょう。いや湯川は林研になってそのとき以来来たことない、そのとき1回だけ。それで湯川が座るとこないみたいなの、こうぐちゃぐちゃっと詰めて座って(笑)。僕の目の前で、こんなくらのところで。だから湯川がバイネームで私を覚えたのもこの事件でなんですよ。あの頃の湯川秀樹っていうのは(手を高く上げて)こんな存在やったから、ほんま感動もんやった。

高橋: へ〜。それまで湯川さんとはコンタクトはなかったんですか?

佐藤: 直接にはなかった。

高橋: 目の前に湯川秀樹がいて、説明をすると。

佐藤: うん。オッペンハイマー・シュナイダーの説明ですわ。湯川さんは結構質問してたね。

高橋: ホイラーの講義で一般相対論に出会って、その後ランダウを読んだんですか?

佐藤: いやランダウはね、学部の人に読んだ。あの自主ゼミで。

高橋: 『場の古典論』ですか?

佐藤: うん。一般相対論ってとにかく内山(龍雄)さんが延々と書いた恨みつらみみたいなのがあるけど、一般相対論をやってるという就職できない時代だったんですよ。だから絶対秘密にしか勉強できなかったとか言って、彼、大げさだけど書いてるやん。いやそういう雰囲気やった。

高橋: そうなんですか?

佐藤: 一般相対論っていうのはちょっと頭のいい子が陥りやすく抜けれなくなって身を亡ぼすと。

高橋: へ〜。今は多くの人が一般相対論を勉強しますよね。

佐藤: うんそらあ、アメリカでもどこでもここから始まるわけですよ。この論文ってすごく影響あったんだと思います。relativistic astrophysicsってその頃までそういう言葉ってなかったんだから。QSOがrelativistic astrophysicsを引き出したわけです。だから僕はこれを追っかけたわけやな。少なくとも日本では初発や。だからこの話は僕が日本語でしないでいたら、しばらく日本で知ってる人はいない。僕がこのプレプリントを返さなかったら誰も見れないんですよ(笑)。痛快の極みや(笑)。今ではアホみたいな話やけど、これ見せんところ、みたいなわくわくする感じやった。すぐ後についてきたのは、尾崎(洋二)君。だから海野(和三郎)さんは知ってたんかな、そのへんの流れは。という、そのへんがrelativistic astrophysicsの始まりやな。

高橋: 後々佐藤さんはブラックホールの解を発見することになりますね。

佐藤: うん、一般相対論っていうのは球対称とそうでないのでは難しさが違うんだね。オッペンハイマー・シュナイダーは球対称ですよ。難しいのはその座標、イベントホライズンの理解の仕方、オッペンハイマー・シュナイダーはイベントホライズンが一方通行だということは論じてないんですよ。座標時間が無限にかかるというのは言ってるんだけど、あの面を内側からは出れないのかというのは戦後になってからなんですよ。

ほんまに趣味的に誰にも注目されない相対論の連中がやってて、イベントホライズンと呼ばれるようになったんです。それを僕はこの論文で知って、で、この辺から世界的にもブームになるわけやな。テキサスシンポジウムというのが始まったのもそのへんやし、それからキャルテックにキップ・ソーンのグループがあって、全米の物理のいい学生は全部あそこに集まって他の大学が困ってるとかね。だから relativistic astrophysics の話はしばらくは銀河中心核の話やった。で、もういっぺん恒星の話になるのは、あのシグナス X-1, X 線天文学でってのが登場する 1969 年とかでしょ。その話は質量が計れるから非常にディフィニットですわな。QSO のときは誰も質量を言えない。エネルギーからアクリーションで逆に質量を推定してるような…、なんか抑えが甘い。

高橋: “on relativistic astrophysics” が出るともう QSO の正体がブラックホールだろうってのは固まってきたんですか？

佐藤: 一夜にして変わった感じやったね。

高橋: そうですか。じゃあもう原子核反応はだめだと。

佐藤: もうない。

●ニュートリノ研究会

佐藤: それで 1964 年の D3 のときにもう僕助手になるんだけど、こういう話が起こるんですよ。山口嘉夫っていう素粒子の東大の教授がいたけど、彼が長いこと CERN におって帰ってくるんだな。帰ってきて最初から教授だったんじゃないかと思うんだけど、それくらいの年まで長く外国にいた。だから彼は非常に国際派だったよ。それで帰ってきて、すぐに林さんのところにやってきたんです。林さんは元々素粒子で知ってる間柄だから。そこでニュートリノの研究会をやるという提案をした。素粒子論と宇宙物理を結びつけてという話で、この辺はもう僕助手やったから経過を知ってるんだけど。

この頃の素粒子論の年表を見るとわかるけど、このちょっと前に CERN でニュートリノは 1 種類じゃなくて、エレクトロンニュートリノ、ミューニュートリノは別なんだという大発見がされたあたりなんだね。だからそのこともあってニュートリノに関心が集まってたんですね。一方星の方では、ガモフの URCA プロセス以来、エネルギーを持って逃げるという意味でニュートリノ反応と関連する宇宙の話はあるわけ。だから 2 ニュートリノになって、まだワインバーグ・サラム理論はないんだけど、ファインマン・ゲルマンの現象論的理論が話題になってたりしてて。

で、YY (山口嘉夫) がやって来て半年くらい後に、天体と素粒子の合同研究会っていうのが基研で行われた。素粒子の理論の人と加速器の実験の人もおった。それで何人かにレビューをさせると。お互いにちょっと勉強会みたいな。天体の方では僕と杉本さんがレビューする。それで林さんは僕に、星のニュートリノのレビューは杉本君がやるから、星以外の宇宙物理をあんたがやれと (笑)。というようなことで僕も勉強して結構まとまったレビューを用意したんですね。これは『素粒子論研究』に研究会報告で出てます [3]。ここで僕は初めて林のビッグバン論文 [4] を読んで、元素合成、ニュートリノの黒体放射とかニュートリノ反応とか、そういうのを本格的に勉強した。

高橋: 初期宇宙でのニュートリノですね。

佐藤: うん、要するに宇宙論のニュートリノ。それと天文学では観測的に昔から暗黒物質とかいうのがあるんだね。暗黒物質というよりは、暗黒天体というか、なにしろ kinematics で決まるポテンシャルの深さと速度が合わないという話がもう延々と昔からあるやんか。だからその 1 つのチョイスとして、ダーク素粒子かもしれんという話は昔からあるのね。というあたりを知りました。だから質量を持ったニュートリノを考えるとか。

これまだ CMB の発見が公表される前ですから。あれは 1965 年、ペンジアス・ウィルソンですね。

その前にガモフがあって林の1950年の論文があった。基研の銀河の研究会に熱心に出てたとき、武谷三男がよく「林君はガモフ派で、早川はホイル派で…」みたいなことを言ってたんです。だから林にガモフのバージョンアップみたいな有名な論文があってというのは知ってたけども、きちんと読んだことなかったんです。このときにきちんと読んだ。

この僕の研究会報告を見ると、ビッグバン宇宙論、素粒子宇宙論が流行り出してからのテーマがだいたい書いてある。陽子・反陽子の問題とか、それから冷えていくときにどんな粒子が残るかとか、ディラックニュートリノ、マヨラナニュートリノの場合とか、そんなとこまであった。ニュートリノの種類の数と膨張の速さが関係しますよね。そんな細かい議論まで触れてるんだけど、数値的には1桁の議論で、2桁の議論もしてないね(笑)。だから誰にも注目されてないけどあの頃すでに結構いろいろ議論がされてたんやね。

高橋: CMB発見前から結構いろいろ議論されてたんですね。

佐藤: まあこのへんまででとにかく僕の中で一般相対論・ビッグバン宇宙・それから宇宙線というようなあたりが全部出そろった。だから大学院の時代に僕の研究歴のチャプターは全部ここでそろったみたいな感じやな。

●助手になる

佐藤: それからこの頃、小柴(昌俊)さんがアメリカから帰ってきて、それで宇宙線の元素組成がわかるエマルジョンをいっぱい持って帰ってきたんだよね。それを調べるというので助手を探してた。彼はずうっとアメリカにおいて日本に自分で育てた人はいないわけだから、それに向く助手みたいなのを探してたんやろ。で、早川さんに相談したら、佐藤君っていうのがおるからあれがいいんじゃないかって僕の名前言うてくれたらしくて、林さんを通じて僕に話があった。それで小柴さん

が湯川秀樹にご挨拶を兼ねて基研にきたとき面接したんですよ。基研に僕出向いて、それで僕、この年に親父が死んだりなんかして、とにかくまあ早いこと就職したいという気もあったから、それで考えて林さんに「行こうと思いますので、言うていただけますか」と言いに行ったんですね。したらまあ林さんは、わかったけどどうのこののとか言って、それで何ヵ月かしたら、「君、この助手になるか」言うて。

高橋: 天体核の助手ってことですね?

佐藤: 何でかわかんないんだけど、それで助手になったんです。公募とかなんかはなくて、だから応募したことないんだ。

高橋: そのとき小柴さんは東大ですか?

佐藤: 初め東大の核研(原子核研究所)んだけど1, 2年ですぐに本郷に移ります。だからそのときに助手になったのは、神戸大学の僕と同輩くらいの須田(英博)さんなんですね。東大には宇宙線みたいな人いなかったから。須田さんは戸塚(洋二)のもう1つ上の、小柴グループの創始者でね。だからカミオカンデを作るあたりの地元との交渉とか、彼が行ってるんですけどね。現役で早く死んだんですよ。

高橋: じゃあ佐藤さんがカミオカンデをやった可能性もあるという…。

佐藤: それでまあ僕はその後もずっと小柴さんとは付き合って、小柴さんが急に有名になってから、「ああ、僕小柴さんそこに行っとけばよかった」とか言うてたけども。だからノーベル賞もらったときに、朝日新聞の尾関さんが昔語りを本にしたのがありますけど、僕の話も出てきますよ。

高橋: じゃあ結局、小柴さんの方は断った形になったってことですか?

佐藤: いや、僕は行きたいって言ったんだけど、林さんが置いておきたかったんでしょう。自分で言うのも変だけど。

高橋: 林さんとはそれまで独立してやってたわけですよ。

佐藤: そうそう. そんなにお手伝いも何にもしてないけども, ただまあホイルの論文もさっとこなしたわけでしょ. 自分で論文は書いてないけども, ある意味でこなして. それで林さんの僕を見る目が変わったんだと思うよ. こいつやれると思ってくれたんやと思うわ. 自分的にはそう思う. だって助手になるときにまだ大した論文書いてないんです, 僕. いくつか論文あるのは, D1のときにまあシングルで書きましたけどね. だけどそれは発展させるようなテーマでもない. ただね, 銀河の研究会が始まったでしょ. その関係でまあ早川さんの引きもあったんやな. 早川さんがいろんな論文をまとめて宇宙線の解説論文を書いたりするときに, 僕の計算の図をいくつか入れてくれたりしたんです. シンクロトロン関係の話で. 早川さんの評価も効いてたでしょうね. 林さんとは何もないけども, 要するにホイルの論文を僕に渡したときはこいつこなせるかな, みたいな様子見もあったんじゃない?

高橋: 林さんがカバーしてないところをカバーしてるっていう感じですか?

佐藤: うん, それと重要なテーマである, という認識はあったんだね. だって湯川を呼んでくるんだから. 林さんはもともと素粒子論をやってたからビッグバンの宇宙物理との重なりはあるけども, 林フェーズ以後っていうのはテーマ的には星間物質とかダストとか, どんどん素粒子とは反対の方に重心が移って, それで太陽系までいくわけや. だからビッグバンやブラックホールは自分はあるんや. あんまり関わらないけども, これは将来的に大事だとわかってたんでしょうねえ. だからこの系統は僕に振ったりとか, 佐藤カツ君(勝彦)とかに引き継がれていくわけやね.

(第4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] Sato, H., 1963, PTP, 30, 804
- [2] Hoyle, F., et al., 1964, ApJ., 139, 909
- [3] 佐藤文隆, 1964, 素粒子論研究 11 月号
- [4] Hayashi, C., 1950, PTP, 5, 224

A Long Interview with Prof. Humitaka Sato [3]

Keitaro TAKAHASHI

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

Abstract: This is the third article of the series of a long interview with Prof. Humitaka Sato. He joined Chushiro Hayashi's laboratory in graduate school, but he rarely receives direct guidance from Prof. Hayashi or other staffs, and instead searches for research themes on his own. He learned state-of-the-art astrophysics and astronomy through various workshops and international conferences. At that time, it was an era of great discoveries in astrophysics and elementary particle physics, such as the discovery of QSOs and their association with black holes, and the discovery that there are two types of neutrinos. Under such circumstances, He became deeply interested in cosmic rays, general relativity, and the Big Bang, and these became his lifelong research themes. In this article, Prof. Sato talks about his graduate school years, which determined the direction of his research life.