

海部宣男氏ロングインタビュー

第5回:野辺山45 m電波望遠鏡(後編)



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

インタビュー協力:小久保英一郎(国立天文台)

海部宣男氏インタビューの第5回です。前回に引き続いて野辺山45 m電波望遠鏡の建設について詳しく伺います。これは日本で初めて建設する大型電波望遠鏡でしたが、当時世界的にも例がないほどの高精度を達成するために様々な技術的課題がありました。海部氏は先頭に立って課題に立ち向かい、卓抜したアイデアと地道な作業によって同僚や企業の技術者とともに一つ一つ解決していきます。45 m電波望遠鏡の成功が次のすばらの成功にもつながり、大型観測装置を作りあげる上で何が大事なのか、大いに参考になるお話です。

● 45 m電波望遠鏡の技術

高橋: では、音響光学型分光器の話はもう出ましたが、野辺山45 mの建設についてお話ししていただけますか？

海部: 45 m電波望遠鏡の技術の話はこれから具体的にいくつかしておきたいんだけど、1つの特徴は光学系、まあ電波系なんだけど、クーデ型っていうんですね。集めた電波をいくつかのミラーで下に落として、下の大きい受信機室の中にまで電波のビームのまま持ってくるというやり方ね。これは三菱電機の特許でしたが、光の望遠鏡のクーデっていうのと近いものですね。そうすると、非常に広い受信機室の中に受信機をいっぱい置いて、そこでミラーをちょっと変えるだけでどこにでも入るでしょ。そうすると、いろんな波長の受信機がリモートで切り替えられます。普段からいくつも稼働させといて、切り替えて簡単に受信機を選べるという、これは僕たちの新しい工夫です。実際のビームの設計は稲谷(順

司)君が三菱電機から伝授してもらいながらすごく頑張った。三菱電機はこういうのは非常に得意だったんです。だから本来、三菱電機が考えだしたシステムを、電波天文用にうんとうんと大規模に使った。そうするとね、さらにポーラリゼーション(偏波)で2つに分けてやるとね、違う波長が同時に受けられるんですよ。同時に2つの受信機に入れられる。電波分光器は巨大なのでいくらでもキャパシティがあって、そういう意味じゃ観測はすごく効率的だったですね。

高橋: そこに音響光学型分光器も置くと。

海部: そうです。後で言いますが、暗黒星雲のサーベイなんかあの分光器がなきゃ絶対できなかったですよ。300チャンネルぐらいのもちよこやってたらものすごい時間がかかるし、データの質も良くないからね。そういうことで、45 mプラス音響光学型の分光器というのは、暗黒星雲の分子サーベイをやることのできる唯一の機械だったんですよ、ずっとね。

小久保: そういう技術は、他のところでも真似す

るようになったんですか？

海部: acousto-optical spectrometer (音響光学型分光器) って、AOS っていうんですが、それはよそでもずいぶん使われました。だけど野辺山ほど大規模にやったのは、さすがにない。あれはもう僕の一世一代の、これでもかっていうのを作った。AOS はある時期、標準でした。ただ、今はもうね、野辺山でもそうだけど、デジタル型の電波分光器に切り替わりつつあります。つまりその頃はデジタル型ってそんな芸当はできなかったんですけど、今はもうものすごく小さく速くなっているので、ブロードバンドの分光器がデジタルでできるようになった。ですから、野辺山ももう今や新しいのに切り替わりつつあるんですよ。30年だね。

小久保: 海部さんの作った AOS はまだ置いてあるんですか？

海部: ああ、まだ置いてあるしまだ働いています。というのは、新しいデジタル分光器はね、まだキャリブレーションがちゃんとできてなくて、AOS を使ってキャリブレーションしないといけないので、それ用にはまだ使ってる。

高橋: そんなに長く持つものなんですか？

海部: もちろんレーザーなんかは入れ替えたりしてましたけど、あとは宮地(竹史)君なんかメンテして、非常に安定したものなんです。いわゆるフィルターバンクといってる一個一個を回路でフィルターを作ってやっていくやり方だと、必ずバグフィルターが出るんですね。だけど、AOS にそういうことは本当はない。面白かったですね。

それです。45 m 望遠鏡の建設にはいくつか超えなきゃいけない技術的な壁がありましたね。その話を僕はちょっとしておきたい。1つは鏡面精度。1つはポインティング。それから受信機、分光器と、こうあるわけですね。

●鏡面精度

海部: まず 45 m という巨大なパラボラでどうやって鏡面精度を出すかと。

高橋: 0.2 mm の精度が必要ということでしたね。

海部: そのためにはね、ざっといって3つか4つの課題があったんです。ホモログス変形は基本だけど、じゃあ鏡面パネルをどうすんのと。そんな精度のいいパネルで、しかも強度もなきゃいけないでしょ。それで太陽に照らされても変形しない。これはまあさんざん議論して、カーボンファイバーを使うという大英断をしたわけですね。これは三菱電機の提案だったんだ。つまりカーボンファイバーのシートとカーボンファイバーのシートで、アルミニウムのハニカム構造をサンドウィッチして接着するという、これはどうですかと。そうすると、カーボンファイバーとカーボンファイバーだから温度差があったって変形しないし、ほとんど伸縮しないわけですね。ただし問題は、カーボンファイバーは電波を反射しない。6 m では銀ペイントという、銀の粉をたっぷり混ぜたペイントを使ったんですけど、まあその類の反射率の高い塗料があるんだね。それを吹きつけるということで、その上に今度は保護のための白ペイントを非常に薄く塗る。そういう案に落ちていてですね。この辺で一番活躍したのが三菱電機の塚田憲三さんっていう非常によくできた人ですね。

高橋: 通信の方ではそういうのはあったんですか？

海部: なかった。

高橋: 全く新しく考えたんですか？

海部: 全く新しい。だって通信ではそんな精度は必要ないもん。アルミニウムパネルで十分なんだ。

高橋: カーボンファイバー自体、新しかったんですか？

海部: その当時はまだ新素材でした。軽くて強い

素材だった。今は飛行機なんかにもバンバン使われるでしょ。でもそういう精度の高いものを作るという、まだそんな時代じゃなかったね。実は塚田さんっていうのはその当時、三菱電機の技術の秘蔵っ子だったんだな。彼と一緒に森本（雅樹）さんと僕とで、1971年にヨーロッパの天文台、電波望遠鏡巡りをやってんの。3人でね、面白かったけどね。ドイツのポンの100 m、まだできてないのだから、ロシアのクリミアの20 mのミリ波望遠鏡、だけどやっぱり動いてなかったとか。イギリスとかずっと回って、要するに巡礼をやったわけです。そういう仲間でもあるんですが、その塚田さんがカーボンファイバーのサンドウィッチパネルというのを作るといふ。そんなのどこでも作ってなかったわけだよ、もちろんね。三菱電機ってのはさすがでね、全国に工場があるでしょ、いっぱいいろんなことをやってる。相模原にある工場にカーボンファイバーをやった。その工場を説いて作れって交渉して、三菱の中でも結構厳しい交渉をするらしいね。結局そこに作らせることになって、結果として非常に良いものができたんですね。

小久保: カーボンは水とか日光に弱かって聞くんですけど、それは大丈夫なんですか？

海部: 水が入るのが非常に困るんですね。だから時々、水抜きをしないと重くなっちゃう。日光は大丈夫ですけどね。とにかくそれが1つ。鏡面パネルの問題は塚田さんの活躍で解決した。

次は温度変形。温度変形っていうのは、パネルだけ温度変形しなきゃいいかって、そうじゃない。パネルを支えているのはトラスという鉄のチューブでつないである巨大な構造。それでパラボラを支えているわけですけど、それが温度で変形したらどうしようもないじゃないですか。それはね、これは僕が解決したと思ってるんだけど、要するに全部断熱パネルで覆ってしまえと。鏡面はカーボンファイバーパネルで覆われているから、もう断熱されていると。裏を断熱パネルで全

部覆っちゃう。断熱パネルで覆って、中に風を回して、温度を一定に保つのでいいではないかと。

じゃあ、どれぐらいの温度差が許容できるかっていうんで、僕はあのときよくやったと思うんだけど、温度分布がどれぐらいだどどれくらいトラスが変形するかっていうのをトラスのモデルを作って、ヒューレット・パッカートのカード計算機で計算したんだね。

高橋: そんなことまでしたんですか？

海部: あのときは、もうなんだってやってやるっていう。そしたらね、温度差を1度以内に保てばいいってことがわかった。で、1度以内に保つにはどうすればいいかって、今度は断熱材パネルの厚さを計算してやって、どのぐらいの厚さであればいいか。風をぐるぐる回すというのは、風速をどのぐらいにすればいいか。これは赤羽さんがね、あの人は非常に実用的な人で、赤羽さんが風によるアルミニウムや鉄の温度の変化を測ってたんですね。それは空気と金属との熱交換率で決まるんです。赤羽さんっていうのは、工学系でそういうのは非常によくわかって、実験やってた。

高橋: それは野辺山のために実験をしてたんですか？

海部: 赤羽さんとしてはそういうつもりだったと思いますね。赤羽さんって、黙ってそうやって何かやってるんだ。実験が大好きな人でね。だけど赤羽さんはモデルを考えてという人じゃない。僕はモデルを考える人なものだから。これはいいやってんで、その赤羽さんのデータを使わせてもらって、それでモデル計算をやってみると、断熱材は3 cmにして、中を風速毎秒1 mで回せばそれでだいたい鏡面精度が達成できるということがわかってね。あれは僕にとっても音響光学型分光器に次ぐ一世一代のアイデアだったな。工学系の論文にだっただけなるようなもんだって言われた。まあしなかったけどさ。とにかく計算して3日ぐらいで出ちゃったからね。

そのアイデアを三菱電機に提示したら、三菱電機はすごく喜んで、ほんとにあのとき喜んでたな。じゃあこれでやりますと。もちろん後で三菱がもっと大きいコンピューターを使ってちゃんと計算したけど、それで風速1 mにするには、中に扇風機を何個どう配置すればいいかなんて、これはもう工学の簡単な問題だからね。それで実際、主鏡内部の骨組みは温度1度差に保たれてますし、変形もしてない。

小久保: それまで、鏡面を支える側を変形しないように温度をコントロールするなんていうことは光学望遠鏡でもしてなかったんですか？

海部: ないですね。その頃は望遠鏡の温度変形に対する理解って、あんまりなかったの。だから例えば光の望遠鏡で、ドームシーイングといってドームの床が温まって、そこから陽炎が立ってシーイングを悪くしてるとか、ミラー自体が温まってそこから陽炎が立ってるというようなことは、その当時まだわかってなかったですよ。そういうことがわかるようになったのはそれから後だね。つまり観測がだんだん精密化されて、初めてわかってきていることですね。ただパラボラの場合は、それはもうある意味わかりきったことだったから、そうやってまあ温度差を克服して。

ホモロガス変形、パネルでしょ、温度差でしょ、もう1つあるんだよ。それが鏡面測定。つまり、パラボラからパラボラに変形するっていったって、最初にどうやってパラボラにするんですかって問題。だって、空中に浮いてる45 m鏡の形をどうやって測るのかと。これに関しては三菱との約束があって、それは鏡面精度の測定は天文台がやるという。これをしないと彼らは承知しなかった。それまでのパラボラ工学の常識はインバールテープです。こう引っ張って、それで一定のテンションかけて。インバールだから伸縮しないね。そうやってトランジットを覗いて角度を測って、よし、何mmとかいって、じゃあそこもうちょっと上とか下とか、そうやってやってた

んですね。それがアンテナ工学のやり方だったんです。

でもだいたい人が乗ったらもう重さでアウトだし、そんなんでできるわけないと。0.1 mmまで精度をわかるような測定をとにかくしなきゃいけないっていうんでいろいろ考えて、基本的なアイデアは近田（義広）君がずいぶんいいアイデアを出したんだけど、要するにレーザーを使おうと。そのときちょうどレーザー測距儀というのができてきて、道路の測量はレーザーを飛ばしてやるという。レーザーにモジュレーションかけて、反射器があってそこから戻ってくる。そのモジュレーションの波を数えれば距離がわかると。ただし、精度はまだcmのオーダーだった。

高橋: 全然足りない。

海部: そう。それを0.1 mmの精度にできないかというんで、これはね、1つは森本さんが頑張ってるレーザー会社に掛け合って、モジュレーションをかける非常に性能のいいダイオードを取り付けて実験した。それまではゆっくりした変調しかできてなかったのが、うんと速い変調をかければ精度が上がるでしょ。波長に比例して精度は上がる。それで一気に測距精度が上がるということがわかった。

その次にじゃあどうやってそれを望遠鏡でやるかっていうんで、これもいろいろ考えた挙句、望遠鏡の中心にセンターハブっていうんですけど、光学機械を据える。これは測距測角儀というもので、レーザーを発射して鏡面の各要素所に700個のターゲット、反射器をつける。結構でかいプリズムで、立派な反射器でないダメなんです。それで返ってきた光を受けて、距離を測ると同時に角度を測る、測距測角儀というのを考えたんだ。角度測るのも秒のオーダーで測なきゃいけないから、これもなかなか大変なんです。それを作ったのは測機舎という測量機メーカー。無理を言って、そういうとんでもない精度のものを作らせて、三菱電機も協力してくれた。

それで測距測角儀を作ったはいいけど、それをまず検定しなきゃいけないから、またこれが大変で。できた測距測角儀を今度は筑波にある国土地理院の地下実験室へ持ち込んで、距離を検定する、角度を検定するっていう両方をやったんですよ。あそこにはね、半地下のね、距離が100 mもあるレーザー検定用のレールがあるんです。

高橋: それは何のための地下室なんですか？

海部: それはね、精度を測るためのものです。国土地理院の最大の仕事は何かっていうと、地図を作る。その頃はさっき言ったように、光を使った目測とかレーザー測距儀の時代だから、彼らはその精度を確認するためにレールを持って、ターゲットをレールの上でずーっとずらしながら測定していたわけですね。しかしそれはほとんど滅多に使われないから、僕らが行って1週間、2週間占拠して、あれも実に面白いというか、ある意味楽しかったな。僕らは泊まり込んで、測機舎の連中と一緒に測距の検定をだーっとやって。最初はうまくいかないから、もう何度も何度も行ってね。それでだんだんと要領がわかってきて、僕は慣れないコンピューター、あの頃パソコンっていうのはまだほとんど普及してなかった時代ですけど、ヒューレットパッカードの一台何十万もする立派なのを買ってもらって、それにソフトを入れて、測定が半自動的にできるようにした。とかいうようなことを、さんざんやってね。まあ僕は松田（神奈川県）の測機舎には100回も通ったし、国土地理院では3年がかりで何回も何回も行ってやったよね。

それで精度を出して、これならいけるってんで45 mの鏡面に据えていよいよ鏡面測定（写真1）。で、700個のターゲットを鏡面に置いて、それを測定してくわけね。全部自動測定なんです。ターゲットの座標を入れてあって、1つ終わると次へ自動的に行って、測って、ジューポン、次、ジューポンってやって、だいたい2時間で全部一周する。夜の気温の安定している2時間の間にや

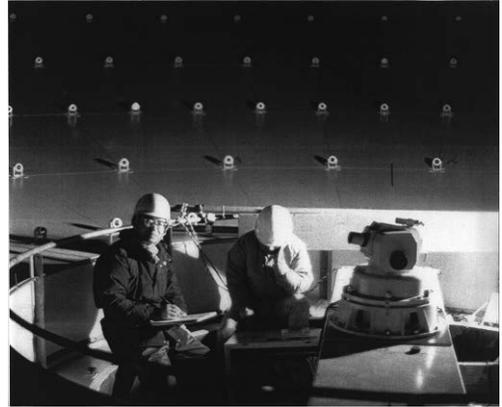


写真1 鏡面測定中の海部氏（国立天文台提供）。

ればいいという、まあそういうことでね。でもやっぱりすぐにはうまくいかないんだよ。夜中にやってるうちに自然に止まっちゃう。どうして止まるかっていうと、光が返ってこなくなる。そうすると測定できないから、そこで止まっちゃうんですね。で、なぜ止まるかと思って、鏡面に上がってみたらね、ターゲットに露がいっぱいひっついてんだよ。温度が下がって露がいっぱいついてんだ。わあ、どうしようどうしようでね。ところが実は話は非常に簡単で、ターゲットに長いフードをつけたの、700個のターゲットに全部。そしたら、露がつかないんだよな。それとかね、鏡面を天頂に向けてやってたらどうしてもデータが不安定なんです。どうして不安定になるか、それもわかった。つまり天頂に向けたまま温度が下がると、冷たい空気がお皿の中に溜まるんだ。それが波打つ。そうすると、その波を通して測るから変な値になるんですよ。

高橋: へえ、そんなことが起こるんですか。

海部: すごいでしょ。それでどうやって解決したかっていうと、傾けて測りゃいい。傾けりゃ冷たい空気が溜まらないっていう。そうやって、だんだんだんだんやり方がわかってきて、それでついに鏡面精度0.2 mmを達成するんですよ。それが総仕上げね。鏡面精度に関していうと、それは本当の総仕上げでした。それができてよしい

うんで、ミリ波観測やったら受かった。受かったときの嬉しさってらないですよ、そりゃ。「ミリ波が受かったぞ！45 mで！」っていう。ああもうね、忘れられない。

高橋: 本当にすごいですね。鏡面の精度を出す、その鏡面を測る装置のテストから自分たちでやったりと。

海部: 今はね、もうそんな苦労しなくても電波ホログラフィーっていう方法がある。その方法はね、実は野辺山を作ってる頃に、そろそろ登場し始めたんですが、まだ非常に感度も悪くて難しかった。干渉計用に、八ヶ岳のてっぺん近くに発射器をつけて、わざわざヘリコプターで運んでね。で、石黒（正人）君たちが干渉計でそれやったらある程度できたんですね。それもなかなか大変だったんですけど。今はね、もういろんな精度が上がって、人工衛星の電波を使ってホログラフィーをやることができるようになったから、そのときの苦労はもう必要ないんですよ。だからレーザー測距測角儀は、いわば歴史的な遺物として保存してありますけどね。しかしあのときはそれを使わなければできなかつた。それはまあ本当にしゃにむにやったわけですね。

高橋: 鏡面精度と達成するためのそういういろんな工夫を考えたのはいつの段階の話なんですか？まだ建設が始まる前ですか？

海部: あのね、それは実はね、予算が遅れたでしょ、それが幸いしたよ。

高橋: 遅れて待っている間に考えたんですか？

海部: その間に例えばオンサラの20 mもできて動きだすっていうことがわかってたし、IRAMの30 m望遠鏡の計画も追っかけてくるし。だから、精度をもっと良くしなきゃダメでしょ。本予算を待ってる最後の3年間でその辺の高精度化はものすごく進歩したの。いろんな検討をやり直して。予算が遅れたから検討が進んだというのは妙な言い方だけれども、とにかくその間にやれるところまでやろうということで。まあいってみゃ、ア

メリカから帰ってからの僕の最大の仕事は45 mの精度をどう上げるかっていう、その1つに絞られたわけですね。

●赤羽さんについて

高橋: ちょっと脱線しますが、赤羽さんは工学部の出身ということで、天文学のバックグラウンドはなかったということですか？

海部: ないです。でも天文台を退職して富山大学の教授になってから相当勉強して、学生に一般天文学の講義はしてた。

高橋: では当時は研究っていう感じではなくてモノを作るっていう感じの人だったんですか？

海部: 作るのはもちろん一番中心だけど、赤羽さんなりにどうもね、なんていうのかな、太陽電波とか惑星電波のような、いわゆるコンティニューム（連続波）の観測をしていました。「分子はもうわしは分からん」って言って、赤羽さんは一切手を出さなかつた。だけど、コンティニュームは物理の基本ですから、そういう観測をやってはいましたよ。退職されてからも赤羽さんは野辺山で実験をやってた。実験の鬼みたいな人で、亡くなったときにお嬢さんたちに聞いたら、とにかく家でもなんか実験をやってたって。もう本当に憑かれたように実験。赤羽さんの実験は非常に頼りになる。赤羽さんはとにかく基礎なんだよ。非常に基本的なところをやるというのが赤羽さんのスタイルで、もうそこに徹してるわけね。でもそこからあんまり出てこない。本当の応用につながるには、どうしたってちょっと飛躍が必要じゃない。基礎だけじゃダメだよ。まあそういうところは森本さんとか僕の方があって、まあ補い合っとうまくいろんなことができたのは確かだ。

高橋: では基礎的で着実な赤羽さんと、大胆に飛躍する森本さん、海部さんで相補的だったんですね。

海部: でね、余計な話をするとね、45 mができて結構評判になって、赤羽さんが紫綬褒章をも

らったじゃない。それで赤羽さんが天皇にご挨拶することになって、もらった人の代表の1人として天皇と話すことになった。赤羽さんは前の日から戦々恐々としてたけども、僕と森本さんがつかまえて、「赤羽さん、天皇がね、日本の天文学はどうか、野辺山の電波望遠鏡はどうかってお聞きになるから、人手がなくて困っておりますって言いなよ」って(笑)。赤羽さん、翌日帰って来てね、「どうだとは聞いてもらえなかった」と。「野辺山においでください、と言っただから」って(笑)。赤羽さんらしいね。

●ポインティング

高橋: では話を元に戻して、鏡面精度は達成したということで次の課題は？

海部: もう1つ大事なのはポインティングをどうするかですね。ポインティングについては45 mは特別なものがある。ご存知かどうか、マスターコリメーターっていうのがあるんですよ。外から見えないから観測する人はほとんどご存知ないんだけどね。実は45 mの電波望遠鏡の架台の真ん中に柱が一本立ってまして、それは地面に根っこを生やしてて動かない。で、周りの架台が回転してもそれには一切触らない。その固定したタワーの上に、マスターコリメーターっていう非常に精密な光学機械が載っているんですね。

高橋: 架台の中に独立してタワーがあるということですか。

海部: そうなんです。このマスターコリメーターっていうのはね、基本的なアイデアはオーストラリアのパークスから拝借したんです。パークスの電波望遠鏡っていうのは64 mあるんですが、架台は経緯台式なんだよ。巨大なパラボラだから、赤道儀なんかできないでしょ。それで昔のことだからコンピューターがなくて、高度角水平角、elevationとazimuthね、それを赤経赤緯にどう焼き直すかというのが問題だった。それで彼らは面白いことを考えたんです。パラボラの首の後

ろに小さい望遠鏡をくっつけてさ、パラボラが動くとそれについていくようにする。軸を合わせときゃできるでしょ。これが実は赤道儀になっていて、その赤道儀の軸の値を読み取ったわけ。だから機械的なコリメーター方式なんですよ。

高橋: 大きなパラボラと小さな赤道儀の望遠鏡を同じ方向に向けて、小さい赤道儀の方で向いている方向を読み取るということですね。

海部: あれはなかなか面白いことやと思って見てたんです。それで考えてみたら45 mは巨大で精度が高いのはいいんだけど、ホモロガス構造だからわりとソフトで変形してしまうからね、空のどこを向いてるっていうのは、どの軸をどう測ればいいかっていうのが非常に難しいわけです。じゃあパークスの方式が使えるなど。

ただし、我々がやったのは逆なんだ。まず、マスターコリメーターは経緯台なんです。赤道儀じゃない。もうコンピューターの時代だから。それをコンピューター制御で空の任意の点に向けて。小さいのをまず向けるんだよ。そうすると、大きなパラボラがこの小さいのに光学的に追従するんです。だから、マスターとスレイブが逆になって、オーストラリアのやつはアンテナがマスターで小さい赤道儀がスレイブだったんですけど、僕らが考えたのは小さい経緯台がマスター。

高橋: 先に天体方向に向けるのがマスターで、それに追従するのがスレイブということですか。

海部: そうです。マスターコリメーターっていうのは、光のビームでパラボラとつながるからです。で、パラボラはこいつの動きを追っかける。だからパラボラがスレイブなわけ。そういう形でやる。このアイデアは早い時期から議論して、架台の設計に組み込んであった。結果としてこれはうまくいったよね。非常にうまくいきました。でも実は作るのは大変だったんです。非常に大変だったんですよ。機械系がね、やっぱり測機舎が作るのはやわでね。最初作ったのは失敗して作り直さなきゃいけなかった。だけど、三菱電機

も本気出して実際しっかりしたものを作ってみると、このシステムは大変うまく働きまして、つまり非常に精密なコリメーターがコンピューターの指示通り、空の任意の点をピシッと向いて、それで45 mパラボラは背中がそこへピタッと向くようにしてやればいいという、まあこういうことだね(写真2)。これがポインティングを確保した工夫です。

ただ、ご存知かと思うが、45 mのポインティングで苦労したのは風。風が吹いてアンテナ自体が揺れると、このシステムはどうしても追従できないんでね。だから、風の問題っていうのは今でもまだちょっと悩みの種だけど、今はだいぶ改良されていると思う。

●超伝導受信機

海部: これで一応鏡面がうまくいく、ポインティングもうまくいく。そうするとあとは受信機ですよ。そこで、さっきのクーデ型という電波を集めたビームを全部下まで持ってきて、大きな水平の受信機室に持ち込む。そこに受信機をたくさん並べて置いて、割りど自由自在に切り替えるというそういう方式がまず1つね。

さらに受信機そのもの、これも非常に苦労したんです、やっぱり。日本ではミリ波の受信機開発の経験はまだ十分じゃなかった。最初アメリカの受信機会社に頼んだんですけどもやっぱり良くなかった。メーカー頼みはダメだっていうのはつくづくわかったね。そこで登場したのが稲谷だ。彼は京都から来てね、別に技術開発の経験はないのに受信機が大事だってんで木更津高専の小平(眞次)さんっていう人のところに弟子入りして、彼がやる新開発を手伝った。それで初めての本格的な冷却受信機を作ったのが稲谷。まず6 mに入れてうまくいってのを確かめて、さらに野辺山用の受信機、特にSISという超伝導の受信機を作ったんです。ジョセフソンジャンクションという方式の超伝導受信機を三菱電機などとの協力で



写真2 コリメーター室内部の写真(国立天文台提供)。真ん中の円錐状の物がマスターコリメーター、左が主鏡のセンターハブ側でそこに小さな平面鏡がついている。

作ることに成功した。野辺山にはご存知のように、そういうジョセフソンジャンクションの超伝導ダイオードを作る設備があるんだよ。自分で作らないとそんなもの誰も作ってくれない。

小久保: えっ、設備があるんですか？

海部: あります。あれはもう天文台で初めてそういうクリーンルームを作って、そこにジャンクションを作る焼き付けの機械とかそういうのを入れて、あそこで生産できるようにしたんですね。

小久保: へえ。

海部: 今やもうかなりいろんなところでできるようになったけど、その当時は日本では野辺山ではできなかった。で、それがうまくいきだして、初めて45 mにも干渉計にもいい受信機が提供できるようになったわけですね。そこまではまあなかなか苦労したんですよ。これはまあ世界的にそうなんだけどね。日本はやっぱり受信機ではちょっと立ち遅れてたので、感度的になかなか難

しいところもあったりして、今はもう世界に全く遜色なしですね。これはまあ僕はやっぱり稲谷君が非常に頑張ったと思うし、今、天文台の先端技術センターのセンター長（当時）をやってる野口（卓）さんが稲谷君と一緒にそれをやった。彼は三菱電機の技術者だったんだけど、我々が天文台に引っ張っちゃったわけね。

●望遠鏡に魂を入れる

高橋: さっきのマスターコリメーターの話で、パークスのを参考にしてっていうのがありましたけど、直接パークスの方にこういう問題があるんだけどどうしたらいいかとか、相談をしたわけではないんですか。

海部: それはしてません。基本的なアイデアがあれば、あれをこうすればいけるんじゃないかっていう。ただ、そのためにはタワーを建てなきゃいけない。パークスの場合はその必要はないんですよ。電波望遠鏡自体がでっかいタワーに乗ってたし、それほど精度を必要とできなかったからね。

高橋: パークスはセンチ波ですね。

海部: 我々の場合は精度の問題と、巨大な45mと全く独立したタワーを建てなきゃいけないということがあった。

高橋: じゃあほぼ自分たちで全て解決して？

海部: まあね、三菱電機のサポートはものすごくありましたし、結局、三菱電機がいなきゃ最後は作れない部分。だけど、三菱電機にできない部分もあるんだよ。例えば、マスターコリメーターもそうですし、それからレーザー測距測角儀ね、鏡面測定、それだって三菱だけじゃああいうのはできなくて、測機舎という光学技術を持ったところがあったからできたと思う。

小久保: すごくいろんな要素を克服して完成にこぎつけていると思うんですけど、さっきからお聞きしてて、出てくる天文台側のスタッフの数はすごい少ないような気がするんですけど。結構な少人数で、実際にやってたわけですか？

海部: そりゃそうですね。まあやっぱりこういうことになったのは、森本さんと僕で、実際にそういう技術的な開発をして解決に立ち向かっていった中心はやっぱり僕だと思うんですね。僕は自分にそういう責任があると思ってた。ただもちろんAOSの開発には近田君もいろいろ知恵を貸してくれたし、宮地君とかも非常によく頑張ってくれたと思う。

小久保: 主に森本さんをお願いした部分というのはないんですか？

海部: 森本さんはね、そういうプラクティカルなところに出てくる人じゃないんだよ。

小久保: 現場ではないという。

海部: うん、もっと基本的なことをやってて。例えば村との交渉とかですね。飲み会とか、そういうのは森本さん。僕はそれは一切タッチしてない。一種の棲み分けがあったね。ある種の外交的なことを森本さんがしてたよ。

小久保: 実際の現場の指揮のほぼ全てを海部さんがやったって感じですか。

海部: 45mの精度には、僕はほぼ全責任を負っていると思ってましたね。でももちろん一緒にやった人たちがいなきゃできるわけじゃないんで、僕の思い出を話せというけどどうしてもこういう話になりますけどね。こういうものというのは、みんなそれぞれ自分が作ったと。45mは俺が作ったという人が30人ぐらいいるだろうな。メーカーも含めてね。

高橋: それで、1982年に宇宙電波観測所の開所式ですね。45mはできてからの運用は順調にいったんですか？

海部: できてから順調だったかどうか、それは見方にもよるけど基本的には順調です。まあとにかく一番問題なのは、お金がない、人手がない。最初の頃はとにかく野辺山は人手不足でなんでもやらなきゃいけなかったんだよ。だいたいアンテナのことを全部わかっているのは僕と森本さんしかいなかった。だから森本さんと僕の2人で36時間

オペレーションっていうのを交代でやったんだね。そういう時代なんです。

高橋: 36時間ですか? すごいですね。

海部: まあだんだん枯れてくるとそんなことしないですむんですが、最初はそうだった。

それで分子のスペクトルを45 mでやると、とにかくじゃんじゃか受かるんだよね。だけどそれを解析するソフトがまだなかったんです。ポインティング・スイッチですからまずオンとオフとを差っ引いて、それからどうしてもベースラインが曲がりますからまた差っ引くというベースラインフィッティング、今はまあ可視光でもベースラインフィッティングは重要でしょう。そういうソフトがなかったんで、それを僕がもうしょうがないってんで、これもまたもう見様見真似でBASICで……。

小久保: BASIC (笑) !

海部: BASICですよ、その頃はまだまだ。それでラインフィッティングを作ってますね、ずいぶん原始的な。僕は本当に知らなかったからね、if文とgo文で作った (笑)。まあそういうある意味なんていうのかな、破天荒な時代ですよ。そんなバカなことをやってたらある日、鈴木博子さんが見学にやってきてそれ見てね、後で言った。「これは私の仕事がいっぱいありそうだと思う」って。

小久保: 鈴木さんはそういうの得意だったんですか?

海部: うん、彼女は大変なもんだよ。野辺山の観測システムソフトは、彼女が来て、富士通を指揮して作ったんだ。小笠原 (隆亮) 君なんか来て結構助けてくれたけど、まあ博子さんですよ。それでようやく望遠鏡全システムができ上がる。まあ付け焼き刃のところも結構あったけどね。まあ、今にして思えばですけども、なかなか大変でした。

二番目の問題は、これはすばるでも依然として残ってる問題ですが、観測する人の数が足りな

い。つまりまだ日本では天文学者の数が圧倒的に少なかった時代でしょ。しかも電波天文って新しいでしょ。ミリ波でしょ。分子でしょ。それにぱっと飛びついてくる人たちっていうのは、そう多くはなかったわけだよ。だから共同利用を通して研究者を増やすということは非常に大事であり、実際に効果があったわけです。だって野辺山へ行けば一流の観測ができるんだもん。僕はよく覚えてるよ。マスター2年かなんかの鈴木左絵子 (現・林左絵子) さんが野辺山へ初めて来て、「わーいわーい45メートルだ、わーいわーい」って (笑)。こういう時代になったのかと思って (笑)。

小久保: そうですね。

海部: 例えば今の台長 (当時) の林正彦君は最後まで6 mを使った世代。大学院生でね。だから6 mも捨てるわけにいかないよ。ですからしばらくは6 mで何とか論文は書きつなぎながら、それから野辺山に移ると。まあ野辺山も最初はいい受信機というのがやっぱりうまく入れられなくてね。さっきも言ったけど、最初は人手がないし開発する力もないから、アメリカから受信機を買ったんですよ。もうねえ、ずいぶん言ったにもかかわらず、やっぱり性能は世界に比べると高くなくて、どうしても自前が必要だった。で、稲谷君が頑張って冷却受信機を作りました。

だから「順調にいったのか」っていう質問に対して言うと、集光力は申し分ない。最初はまず人手と受信機で苦労して、それからポインティングが大変ですよ。だから望遠鏡ってのはね、僕はよく「仏作って魂入れず」って言うんだけどね、できたものはアンテナに過ぎない。あれはね、まだ仏になってないんです。魂を入れなきゃ仏にならない。魂を入れるというのは、天文学者がもうそれをさんざん使って、ポインティングだとか感度だとか、それからデータから出てくる雑音とか、そういうものをきっちりやって初めて望遠鏡になる。ガラを作ってくれるのは、まあ三菱電機が

作ってくれます。それはしっかりしたものを作ってくれたよ。だけど最後の精度を出すっていうのは僕らが全部自分でやる。

小久保: 世が世ならプロジェクト X. 相当な一大プロジェクトだったんですね。

海部: まあすばるもそれまで世界に存在してなかった 8 m クラスの望遠鏡を作るという面ではね、やっぱり技術的なチャレンジは非常にあったと思う。が、しかし 45 m のチャレンジは非常に大きい。今話したように、いくつもいくつも技術的チャレンジがあってね。それを乗り越えないといけなかった。6 m から 45 m, それはやっぱりものすごく大きなジャンプだった。三菱、富士通、測機舎、日本通信機などの技術者に非常に助けられたけど、そういう人たちとの信頼関係っていうのも、これは 6 m 以来ずっと培ってきたもので、それがすばるにも生きていったというふうに僕は思いますね。

(第6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。

A Long Interview with Prof. Norio Kaifu [5]

Keitaro Takahashi

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

Abstract: This is the fifth article of the series of a long interview with Prof. Norio Kaifu. Following the fourth article, Prof. Kaifu talks about the construction of the Nobeyama 45 m radio telescope in detail. This was the first large-scale radio telescope built in Japan, and there were many technical challenges in achieving the highest precision ever achieved worldwide. Prof. Kaifu took the lead in overcoming the challenges and solved them one by one with his colleagues and technicians through his outstanding ideas and steady work. The success of the 45 m radio telescope led to the success of the Subaru telescope, and his experience will be helpful for readers to consider what is important in building large-scale observation facilities.