

森田耕一郎さん追悼文集

森田耕一郎さんを悼む

石黒正人 (国立天文台名誉教授)

5月7日、国立天文台が進める国際共同プロジェクトALMA（アルマ）に所属し、チリ現地での建設に従事していた森田耕一郎教授（享年58）がサンチャゴ市内で強盗事件に巻き込まれ、非業の最期を遂げた。すぐに犯人が逮捕されたことはせめてもの救いではあるが、家族との絆や成果を目前にした研究生生活を一瞬にして断ち切られた無念さを思うと、痛恨の極みである。

森田さんは、1954年、福岡県生まれ。名古屋大学工学部に進学し、1977年から同大学付置の空電研究所で電波天文学の研究をスタートした。その頃が私と森田さんとの最初の出会いであり、その後の公私にわたる付き合いは35年の長きに及ぶ。当時私が所属していた空電研究所第三部門（太陽電波研究室）の田中春夫教授から、「君の大学の後輩が来るから面倒をみてやって欲しい」と頼まれた。最初は毎日の太陽電波観測データから5分振動について調べる研究が中心であったが、その後、私が進めていたアンテナ配列や干渉計の位相補正法の研究に興味をもってくれた。

私が1980年に東京天文台（現 国立天文台）野辺山宇宙電波観測所に移り、ミリ波干渉計の建設を担当することになってから、森田さんも間もなくして野辺山に移り、干渉計グループの一員となった。1983年10月には東京天文台助手に採用され、その後は得意とする計算機関係の仕事、特に干渉計のシステム制御や開口合成処理の分野で大きな活躍をすることとなった。

1984年に、スペインのグラナダでミリ波・サブミリ波天文学に関する国際シンポジウムに参加する直前、発表する論文に「何とか最初の画像を

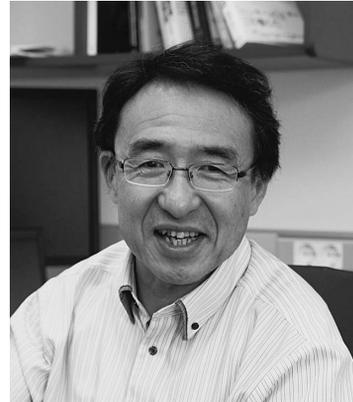


写真1 森田耕一郎さん。

載せたい」とグループ全員がしゃかりきとなっていた。森田さんが、うれしそうな笑顔で現れ、「石黒さん、白鳥座Aのマップが出ましたよ」と言いながら、野辺山ミリ波干渉計の記念すべき最初の開口合成画像を見せてくれた。森田さんの努力のおかげで、グラナダの論文に開口合成画像が間に合ったのである。ミリ波干渉計は、日本初の本格的な開口合成干渉計であり、またミリ波帯では世界でも例が少なかったもので、いろいろなことが手探り状態であったが、計算機による制御や画像処理を一手に引き受けた森田さんはたいへん頼りがいのある存在であった。

その後、私がALMAプロジェクトにシフトしてからも、森田さんは、またもや私の後についてきてくれた。計画初期の段階では、建設の最適候補地を探す仕事も分担した。また、計算機関係の能力を大いに発揮し、ALMAのコンピューティング・グループとして膨大なソフトウェアシステムの構築に貢献した。2000年頃からは、日本が



写真2 野辺山ミリ波干渉計グループ（後列右から4人目が森田さん）。



写真3 本年2月にご家族がALMA建設現場を訪れたときの写真（中央が森田さん、背景はACA7mアンテナ群）。

貢献する「アタカマ・コンパクト・アレイ（ACA）」を使ってイメージングを最適化する研究を進めた。その成果をもとに、米欧の研究者と協力して、最適なACAアンテナ配列を決定した。ALMAの試験観測で行われた渦巻銀河M100のCO分子輝線スペクトル観測ではACAの効果がテストされた。Richard Hills氏の記事にあるように、ACAによる観測データを含めることで、マップの精度が大幅に改善されているのがよくわかる。この観測例のように、12 mアンテナのみの干渉計では欠落していた広がった輝度分布が、ACAにより忠実に再現できることが、実際の観

測データによって実証されつつある。

ALMAの立ち上げのために1年半をチリで過ごした後定年退職を迎えた私に、森田さんから以下のようなメッセージが届いた。「長いお付き合いでしたが、まだまだ石黒さんからは、学ばせていただいています。ALMAのfirst mapまでは、ぜひ一緒にやりましょう。チリは、いつでも石黒さんを待っています。」私は、この言葉に励まされ、その半年後の1カ月、ALMA建設現場に泊り込み、サブミリ波での最初のフリンジを出すことができました。その後森田さんは、2010年8月には教授に昇任、10月からチリ現地に赴任、望遠鏡システムの性能評価を行う国際チームのリーダーとして活躍することとなった。以下に仕事上関係が深かった外国人スタッフの印象を紹介したい。

Nick Whyborn 博士： Starting seemingly from a few spreadsheets, he has pulled together a disparate team of experts spread around the globe and focused them on the task at hand. Now, thanks to his efforts, we have a vision and a plan of how to finish the task.（石黒訳：私がみたところ森田さんは、2, 3枚のスプレッドシートから始めて、世界中に散らばった全く異なる専門家チームを統合し、当面の作業に集中させた。彼のおかげで、今や私たちは（ALMAシステム評価の）作業への展望と、それを完遂させるためのプランを手にすることができた。）

Nick Whyborn 博士： He was somebody who really understood that bridging the artificial barriers between the various groups in ALMA was crucial.（森田さんは、ALMAプロジェクト内の異なったグループ間の障壁を越えて橋渡しをすることが決定的に重要であることを認識していた人であった。）

また、両博士とも、昼食時に森田さんが用意し

てきた弁当の素晴らしさに感激していたようである。このように、性格温厚な森田さんは、干渉計による像合成の研究において世界を代表する研究者の一人として、ALMAの国際スタッフからも信頼され、慕われる存在であった。ALMAの完成した姿を見ることなく、あと少しのところで急逝するとは、なんとという悲劇であろう。完成のあかつきには、苦労話をしながら、共に喜びを分かち合いたいと思っていたところ、それができなくなり、たいへん残念である。

森田さんは、オフィスの机の上に常に家族の写真飾るなど、たいへんな家族思いであった。特に、ピアニストである奥様の基子さんのコンサートがあるときは、演奏に集中できるよういつも優

しい気遣いを見せていた。大学時代から、オーケストラでバイオリンやビオラの演奏をしていた森田さんは、天文学だけでなく音楽の分野においても人生の大きな柱をもっていた。本年2月末には基子さんと娘さんがチリを初めて訪問し、森田さんの仕事現場を目の当たりにした。森田さんが亡くなったのは、そのわずか2カ月後のことであった。

国際ALMA観測所や国立天文台の同僚たちは、森田さんの遺志を継いで、ALMAの完成に向けていっそうの努力をしたいと誓っている。今後続々と出るALMAの科学成果が、残されたご遺族への励ましとなるものと信じたい。ALMAは森田さんの魂をいつまでも忘れないであろう。

追悼 森田耕一郎さんとの思い出

奥村幸子（日本女子大学理学部）

国立天文台チリ観測所の森田耕一郎教授（享年58歳）が、去る2012年5月7日（チリ現地時間）に亡くなりました。チリ国内では、5月14日に合同ALMA観測所（JAO）サンティアゴ中央事務所で追悼会が開催され、JAO職員、日米欧の現地スタッフが参列されました。5月19日には、調布市にて告別式が行われ、ご遺族・ご友人とともに、多くの天文学関係者がお見送りさせていただきました。

ここからは、いつものように、“森田さん”と呼びさせていただきます。森田さんと一緒に仕事をしてきた多くの仲間が、もう森田さんにお会いできないことを、理屈ではわかっている、まだ感覚として受け入れられないことと思います。しかし、森田さんがいらっしやらなくなった今、森田さんと一緒にやってきた仕事を少しでも前に進められるように、ここで森田さんとの思い出を記したいと思います。

私が最初に森田さんと出会ったのは、野辺山宇宙電波観測所のミリ波干渉計グループで大学院生



写真1 JAOサンティアゴ中央事務所の自室にて。

として研究を始めた1984年の頃でした。森田さんは、名古屋大学空電研究所からこられた干渉計のスペシャリストとして、野辺山ミリ波干渉計の立ち上げに全精力を注いでおられました。特に、各種観測装置を実時間で制御し干渉縞を得る干渉計観測システムと、干渉縞データの一次解析を行って画像データを得るデータ解析システムの立ち上げを担当され、キーパーソンとして毎日非常に忙しい日々を送っておられたのが私の脳裏に

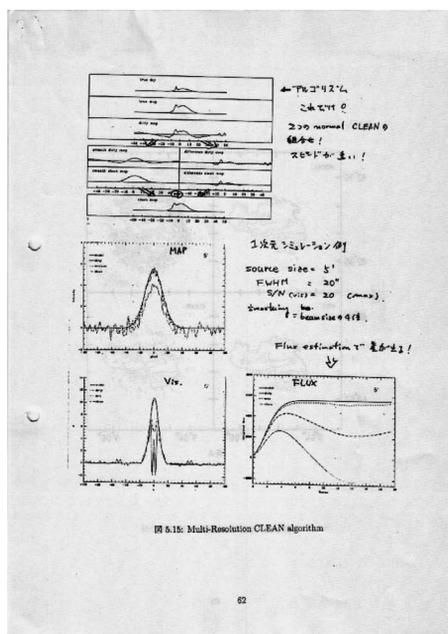


図1 干渉計サマースクール（2001, 2003年）での“像合成”に関する講義の手書き資料。

残っています。また、森田さんは、空電研究所におられた時代にすでに、干渉計のアンテナ配列の最適化に関する論文、“重みつきホール数による超合成観測の最適化”を發表されておられました。野辺山ミリ波干渉計の立ち上げ間もない頃は、いつも森田さんがプログラムを走らせて、アンテナの配列を決めていました。「奥村さん、今度はどんな配列がいい？」と森田さんに尋ねられ、「今回は（赤緯の低い）銀河中心を観測したいのですが…」と答えると、森田さんは計算機室で、ラインプリンター（計算結果を出力する大型のプリンターで用紙は両端に穴が開いていて、つながって出てきます）から、いくつかの配列とそのUV面でのプロット、合成ビームの形などを出力され、それを二人で床に（！）並べて、これが良い、あれが良い、などと議論して配列を決めていたのどかな光景が思い出されます。

当時森田さんは、野辺山宇宙電波観測所に助手として勤務しておられましたが、その時は未だ博士論文を提出しておられませんでした。野辺山で

の非常に忙しい日々の中で、並行して少しずつ論文の執筆を進められ、1992年に“ミリ波帯宇宙電波の開口観測法に関する研究”と題する博士論文をまとめられました。今、私の手元には、森田さんからいただいたその博士論文があります。そこには、“アンテナ配列の最適化”、“野辺山ミリ波干渉計の天体追尾精度”、“野辺山ミリ波干渉計のアンテナ位置精度”という章が並び、森田さんがそれまで進めてこられた野辺山ミリ波干渉計での立ち上げの仕事の、理論的な解析や検証の方法がきちんと定式化され、ミリ波干渉計の精度や性能が評価されております。私は、干渉計の運用の仕事の際には、いつも森田さんの博士論文を机の上に置き、較正天体の位相がおかしな振る舞いを示したり、画像合成の結果で変なパターンが出たりすると、論文に記載されている位相追尾の式や、各種の誤差が合成画像に及ぼす影響を定量的に示した図を調べて、観測システムをチェックしたり、データ解析にフィードバックをかけておりました。その博士論文の最後の章には、“大型ミリ波計画への応用”というセクションがあり、森田さんが、早い段階からALMAの前身となる大型干渉計計画の必要性を説き、理論的な解析・評価を基にシステム構成を提案されていたことが記されています。そして実際、ALMAのACAアンテナの配列に関しては、森田さんが評価・検討された結果を基にアンテナパッドの位置が決定されました。

干渉計観測システム全般に深い知識と経験をお持ちの森田さんでしたが、最も得意とされていたのはソフトウェアにかかわる分野でした。野辺山ミリ波干渉計の観測制御およびデータ解析ソフトウェアを森田さん抜きに語ることはできません。私も森田さん主導の下、野辺山ミリ波干渉計のソフトウェア開発に参加させていただいた時期がありました。その時、試験的にいくつかのプログラムを作成することがありました。森田さんは個々のプログラムの細かい点に立ち入ることはされま

せんでしたが、処理や解析の速度や精度を上げるためにどのような工夫ができるか、よくアドバイスをしてくれました。また、自己流のプログラム作成をしていた私に、「奥村さん、この本は（プログラムを作成する際に）とても参考になるよ。」と言って、「プログラム書法（第2版）」（カーニハン&プローガー著、木村 泉訳）という本を紹介してくださいました。この本はプログラムを作成する際の基本的な考え方や、計算機の立場に立った（?!）プログラムのデバッグの仕方などが丁寧に書かれた本で、たいへんに役に立ちました。森田さんにそのことをお話すると、「この本には、“ソフトウェア作法（カーニハン&プローガー著、木村 泉訳）”という続編があるんだよ。こっちもとても勉強になるよ。」と教えてくださいました。こちらはいわば“アドバンストコース”で、私は読破できずに終わったことを覚えています。このように森田さんは、周りの学

生や後輩の研究・仕事の状況に常に目を配り、ほんとうによく声をかけて相談に乗ってくださいました。

森田さんとは、野辺山ミリ波干渉計の最後の共同利用運用まで、観測所スタッフとして一緒にお仕事させていただき、その後、同じようなタイミングでALMAプロジェクトに移ることになりました。2010年10月からは、JAOの国際職員としてチリに赴任されることになり、現地で実際にALMA観測システム全体の性能評価の仕事を担当することをとても嬉しそうに話しておられたことが昨日のこのように思い出されます。

繰り返しになりますが、今回のことはあまりに突然で、まだまだ森田さんと話した、たくさんの大切なことをしっかり胸に刻むには時間がかかりそうです。しかし、一緒にやってきた仕事を少しでも進められるよう、ここでお誓いするとともに、心よりご冥福をお祈りいたします。

森田さんとの30年

大石雅寿（国立天文台 天文データセンター）

えへへ、すまないねえ

森田さんがニコニコしながらこのセリフを使うと、不思議と私は断れなくなった。

私が森田さんと最初に出会ったのは、ちょうど30年前の1982年で、森田さんが野辺山宇宙電波観測所研究員第1期生として着任し、博士課程1年になった私が海部さんから野辺山の立ち上げを手伝って欲しいと言われて野辺山に通うようになった頃（確か、1982年の夏頃であったか）である。森田さんは、名古屋大学空電研究所で計算機（9ビット機であったACOS）を使いこなした経験をもとに、干渉計グループ内で計算機周辺の重要な役割を担っていた。

当時私は、稲谷さんの手作りであった3 mm帯用冷却ショットキーダイオードミキサ受信機を用

いた45 m望遠鏡の試験観測に参加し、Orion KLに向けた2 GHz帯域スペクトル線サーベイのデータ処理を依頼され、Fortranプログラムはさておき、初めてみるJCL（Job Control Language; 制御文を//（スラスラ）で記述するもの）に四苦八苦していた。それを見かねた森田さんがいろいろとアドバイスしてくれた。試験観測は、ギリシャで開催されるIAU総会で45 m望遠鏡の成果を見せるんだ、という意気込みのもと、数晩の徹夜を経て実行され、得られた観測データをVERSATEC用の細長い専用用紙（内輪での名称「長巻き」）に印刷し、海部さんや森本さんがギリシャに出かける直前に仕上がった。

思えば、これが私と計算機（データ解析や制御関係）や広帯域分子スペクトルとの出会いであり、森田さんがいなかったらその後の長い計算機

との付き合いはなかったと言える。

ダウンサイジングと COSMOS3

森田さんは干渉計グループ、私は45 mグループだったので、同じ観測所にも一緒に仕事をすることはなかなかなかった。しかし、1980年代の後半に起きたダウンサイジング（大型汎用機からワークステーションへ）の流れを踏まえ、45 m望遠鏡と干渉計の制御システムであったCOSMOS（近田さんがリードして製作した）のダウンサイジングする仕事を一緒に始めた。1990年、私が富山大学の助手から野辺山の助手として異動した直後の頃である。大型汎用機で制御ソフトを動かす、ミニコンをインターフェイスとしてハードウェアを制御していたCOSMOSを多数のワークステーション群による制御システム（当時の名称はWS-COSMOS）に置き換えようというプロジェクトであった。

WS-COSMOS（後にCOSMOS3と呼ばれた）は、3年計画で設計・製作された。初年次は、概念設計を固めることを大きな目標とし、関係者で毎週のように意見交換を行った。設計概念については、多数のWS間でどのように制御関係情報をやりとりするべきかで大きな議論があった。すべてのWS間で通信を行えばいいというアイデアに対し、データ処理パッケージであるNEWSTARでマルチタスクを導入し共有メモリを介してタスク間通信を実現していた私は、制御命令を人間から受け取る制御全体を監視するマスターWSに情報交換用の共有メモリを配置し、ハードウェアを直接制御するスレーブWSはマスターWSと「だけ」通信するようにすれば、将来の拡張性も確保できるとの対案を出した。森田さんは、私の意見を支持してくれた。結局このアイデアに基づいてCOSMOS3は製作され、その後の機能拡張を経て今でも野辺山で利用されている。森田さんは、COSMOS3に関する論文を執筆し、SPIEや天文ソフト関連の国際会議であるADASSで発表して

くれた^{1), 2)}。

より重要なことは、このCOSMOS3が、すばる望遠鏡の制御システム設計の基盤となったことである。記憶している方があまりいないかもしれないが、森田さんをはじめとした野辺山におけるCOSMOS3の仕事を参考に、さらにグレードアップしたものを小笠原さんが提案し、すばる制御系に導入されたことを記憶しておいていただきたい。

天文ソフトと森田さん

森田さんは2000年にほぼ一年間、米国NRAOツーソンに滞在した。NRAOには干渉計技術に詳しい研究者や技術者がおり、彼らとの密な議論や人間関係を構築し、計画検討が進んでいた（当時の名称である）LMSAに活かすためであった。時々、メールなどで森田さんと連絡をとっていたが、森田さんは「とても楽しい、充実した時間を過ごしている」と仰っていた。さらに森田さんは、ADASSのプログラム組織委員（POC）就任を打診され、10年近く務められた。こういう国際的な活動を通じ、森田さんは日本の天文ソフトウェア開発の認知度をずいぶんと高めてくれた。

このように森田さんが国際的に信頼を得ていたため、それまでは欧米でしか開催されていなかったADASSを初めて日本に招致することに成功した。「ADASSを日本に呼ぼう」と森田さんに提案したのは私で、2005年のスペインでのADASSのときに（その初日に金環日食があった；図1）「POCで提案したら」と話したところ、森田さんがうまく話をし、2009年のADASSを札幌に招致することとなった。

2009年のADASSには、全世界から200名を超える天文ソフト関係者が集まり、多くの論文が発表された。ADASSに参加した欧米関係者と話すとき、札幌バーベキュー園でのバンケットには楽しい思い出があり、これまでで最高のバンケットだったと言われる（図2）。札幌の会合と一緒に



図1 2005年10月3日 スペインで開催されたADASS初日に金環日食が起きたときの一コマ。前列が森田さん、後列左が江澤さん、右が水本さん。



図2 2009年10月6日 札幌バーベキュー園で開催されたADASSバンケットでのひととき。一番左が森田さん、右隣はALMAのソフトなどで一緒に仕事をしている仲良しのBrian Glendenningさん。

進めた森田さん、水本さんと私は、多少の不安をもちながらバンケットを開催したのだが、参加者の方々が本当に楽しんでいたので、すべての苦勞が報われたような気がしたものだ。その後の収録出版準備作業では、いかにもアメリカ的な出版社との丁々発止も経験した。原稿の最終確認のときは時間がなくチリに出かける飛行機に乗る森田さんに原稿チェックをお願いした。「えへへ、すまないねえ」という答えだったけれど。

こういうこともあり、森田さんからALMA

SSR (Software Science Requirements) への参加を、冒頭にあるように、「えへへ、すまないねえ」と依頼された。森田さんに頼まれると断れない私は、Offlineデータ解析とPipelineデータ解析についての科学的ソフトウェア要求書について、特に、ACAを追加するに当たっての日本側からの要求を実現することが要請された。日本の正式なALMAへの参加が約2年遅れていたため、私がSSRに参加したときにはすでにOfflineとPipelineの要求書が存在していた。これにACAにかかわる要求を追加させるため、深夜の電話会議などを通じて欧米側と交渉した。幸い私は当時、国際電気通信連合 (ITU) の電波天文作業部会議長を務めていたため、ITUでの交渉と同様に日本からの要求内容を説明し、渋る米欧関係者に「情勢が変わって新しいパートナーが増えたのだから、科学的要求書も新しい情勢を踏まえて変更して然るべきだ」と迫った。

その結果、うまく日本からの要求を追加することになったのだが、その様子を見ていた (電話会議だから聞いていた、か) 森田さんが「テレコンを仕切っていたじゃないかあ!」と喜んでくれた。ITUでの難しい交渉を経験していた私としては、相手の話を聞きつつ主張するべきことを主張したというだけであったのだが、森田さんにはお世話になりっぱなしであったので、このときは「少しお返しのできたかな」と思ったものである。

鈴木さんと森田さん

1987年11月22日に交通事故で亡くなった鈴木博子さんも計算機に関する能力が高く、それぞれ一家言もっていた森田さんと鈴木さんが (良い意味で) 論争していたことが懐かしく思い出される (図3)。

きっと今頃、天国で鈴木さんは、例のキンキンソプラノの声で「こんなに早く来るなんて間違っているわよ、森田君!」とプンブン怒り、森田さんは「人のこと言えるか!」とニコニコしながら



図3 赤羽さん、長根さん定年退官記念パーティで名演奏を披露する“野辺山クアルテット”。左から森田さん、長谷川さん、田中さん、鈴木さん。

言い返し、そして大好きだった計算機周りの最新情勢について二人で喧々諤々議論しているに違いない。少しは役に立ったよ、と鈴木さんに報告してくれていれば嬉しい。

合掌

参考文献

- 1) “Telescope control system of the Nobeyama Radio Observatory,” Morita K., Nakai N., Ohishi M. & Takahashi T., 1995, Proc. SPIE 2479, 70
- 2) “COSMOS-3: The Third Generation Telescope Control Software System of Nobeyama Radio Observatory” Morita K.-I., Nakai N., Takahashi T., Miyazawa K., Ohishi M., Tsutsumi T., Takakuwa S., Ohta H., Yanagisawa K., 2003, Proc. of the Astronomical Data Analysis Software and Systems XII, ASP Conference Proceedings 295, 166

森田耕一郎氏のアルマへの貢献を回顧して

リチャード・ヒルズ (アルマ・プロジェクト・サイエンティスト)

はじめに

本会報に掲載されている他の追悼文でも述べられていると思いますが、森田さんのアルマへの貢献は幅広い分野でたいへんな重要性をもっていました。この追悼文は、彼が果たした役割について私が個人的に知っている側面のみを記したものです。ここでは、1) アルマ誕生前 (3大陸の三つの異なるミリ波干渉計を一つに統合する過程で森田さんは中心的な役割を果たしました)、2) アタカム・コンパクト・アレイ (ACA) のコンセプトが確立する重要な段階、3) 日本のアルマ・プロジェクト・サイエンティストとしての森田さんの仕事、4) システム検証チームのリーダーとしてのチリ勤務時代、の四つの話題に触れたいと思います。

大陸間の接触

当時ミリ波天文学に携わっていた多くの私の同

僚たちと同様、私が初めて森田さんを知ったのは、1990年代に日本、北米、ヨーロッパの天文学者たちがそれぞれの資金拠出機関に大型開口合成方式のミリ波望遠鏡の提案をしていた時期でした。森田さんは、異なる大陸の科学者間の連携を確立し、これらのコンセプトを最終的に一つのプロジェクトへと統合させていくための理解と信頼を築いていくうえで重要な役割を担っていました。原理上は、私たちの資金を一つの「大陸間」プロジェクトに統合することができれば、個別に作るよりもずっと強力な望遠鏡を実現できるだろうと誰もがわかっていました。実際、合成アレイの各素子はそれ以外のすべての素子と連携して機能するため、連結された装置は別々に動く三つの独立のプロジェクトを足した場合よりもさらに強力なものになります。装置の撮像能力 (一つの画像内の独立したピクセルの数) と「速度」 (特定の感度を達成するのに必要な時間の逆数) は共に素子数の2乗で向上します。この原理を私たちは

理解していましたが、それが実現できるかどうかについては私たちの多くが疑問を抱いていました。これを可能にするには、三つの地域の科学者たちがお互いを知り、それぞれが共通の目的をもっていることに気づくことが必要であり、さらに重要なことは、効果的な協力が可能であり、最終的にアルマへと発展する一つの設計コンセプトに合意することができるかと理解することでした。

ミリ波サブミリ波天文学や当時進行中であった大型干渉計に関するいくつかの合同会議のために日本を訪れる機会があり、私はすぐに森田さんがこの分野の科学的・技術的事柄に精通している人であり、人々を啓発し、意欲をかき立てることができる人であるとわかりました。彼の同僚の多くも非常にコミュニケーションが上手でしたが、特に森田さんは他の人の意見に耳を傾け、わかりやすく建設的に自身の意見を述べる能力に長けていました。慎重かつ前向きに意見や批判を伝える必要があるときには彼は常に頼りにされる存在であり、私たちが手探りで国際協力体制を築こうとしている中でそれは非常に重要でした。

マーク・ホールダウェイは、1995年に野辺山で大型干渉計の構成方法を検討していたときの森田さんとの緊密な共同作業について述べています。彼の説明のとおり、彼らは最初から意見が一致していたわけではありませんでした。進めるべきプロセスと計算方法に合意して共同作業を進め、その結果があるべき共通の最終的なデザインへと彼らを導きました。この作業は非常に実り多きものでした。アルマメモ153¹⁾の中で、彼らはスコット・ドスターとともにいかにして直径12キロの複数の干渉計を制約の多いチャナントールサイトの地形にうまく配置するかを説明しています。最終的なデザインでは追加的な制約を考慮して異なるアレイ配置が採用されましたが、この段階で重要なことは、隔たりのあったコンセプトが

一つになり、関係者が互いの能力や考え方を尊重する姿勢を築いたことでした。

アタカマ・コンパクト・アレイ (ACA)

前述のアルマメモ (No. 153) で指摘された点は、検討されていたシンプルなアレイ設計では近接する素子が足りないということでした。つまり、大きな角度規模をもつ構造に対しては望遠鏡の感度が弱くなり、得られた観測画像から広がった成分を落としてしまう (missing-flux) という深刻な問題を引き起こしてしまうということです。時が経つにつれて、このことがアルマで計画している科学プログラムの多くにとって実に重大な問題であるということが認識されるようになりました。事例が増えるにつれて、広がった天体を見るためにはアンテナを近づける必要があること (short spacing) を知らないで、完全に間違った結論に至ってしまうことがわかってきました。この典型的な例は、近傍銀河の腕と腕の間において星間物質成分の見え方に差異が生じるというものですが、これだけにとどまらず、分子量、塵などの分布に関する研究もこの影響を受けるだろうことは明らかでした。広がった天体の偏波観測も、大規模天体の成分が欠けてしまえば完全に誤った結論に導かれてしまいます。

森田さんは、率先してこの問題の適切な解決策を求めました。私たちの多く (私も実はこれを始めた仲間の一人でした) が、最も簡単な解決策はアレイの横に大型の単一鏡を建設することであると考えていました。私たちは、他のアンテナの2倍くらいのサイズの主鏡であれば機能するだろうと想定しました。これに対して森田さんは、自重と熱による変形、大気変動を考慮すると、そのような単一鏡ではアレイに匹敵する正確な測定は不可能であり、より小口径のアンテナからなる別のアレイが必要であると主張しました。そこで、彼

¹⁾ ALMA memos are available at <http://www.alma.cl/almamemos/>



図1 2012年初めのACA (7 mアンテナ6台と12 mアンテナ1台).

は再び海外の人々と協力して後にアルマ・パートナーシップへと発展する共同作業を行い、緻密な計算とシミュレーションでこの主張を裏づけ(アルマメモ374と488を参照)、非常に力強い論証を行いました。

当然のことながら、彼の主張は正しいものでした。そして、このコンセプトはアタカマ・コンパクト・アレイ(ACA)という形で、アルマ設計における重要な要素になりました。森田さんは、アンテナ直径7 m、アンテナ数12、そして、各素子が重ならずうまく開口を「埋める」ことのできる配列方法等、すべての基本的仕様を決めていきました。図1の写真のとおり、今、これらすべてが実現の最終段階を迎えています。

まだ7 mアンテナの数が半分の段階で、私たちはすでにACAが意図したとおりの性能を発揮できるであろうことを実証しています。図2は初期の観測結果です。これらは「壮大な」M100渦巻銀河を観測したものです。この天体は12 mアンテナの主ビームよりもかなり大きいので、これらの画像は複数のポインティングによる「モザイク」観測によって得られたもので、受信信号は約115 GHzの一酸化炭素分子の $J=1-0$ 遷移放射です。左の画像は積分後の輝線放射に着色処理をしたもの、右の画像は放射の平均視線速度を示したものです(色で約200 km/sの範囲を示していま

す)。

上段の二つの画像は、12 mアレイのみを使って得られた観測結果です。複数の渦巻腕がきれいに検出されていますが、腕の間の領域のガスはほぼ完全に「消えて」いることが見て取れます。下段の二つの画像は、この12 mアレイデータにアタカマ・コンパクト・アレイを使った観測結果を組み合わせた場合の初期段階の成果です。劇的な違いがあることが一目でわかります。これらの画像でははるかに多くのガスがとらえられており、この銀河内の物質の視線運動(下段右)やその他多くの情報を得ることができます。

この分野における森田さんの努力が実を結びつつあることがようやく目に見える形で表れてきたばかりですが、これらは非常に期待の高まる成果であり、12台の7 mアンテナがすべてそろって4台の単一鏡アンテナとともに観測を始めたときにはさらに驚くべき結果がでてくることを楽しみにしています。それが起こるのは2012年後半です。

日本のアルマ・プロジェクト・サイエンティスト

アルマが正式に合同プロジェクトとして認められた後、森田さんの知識と技能を必要とする場面が増えてきました。アルマの設計期間中、彼は日本側のシステム・エンジニアを務めていました。小人数のチームだったため、森田さんはその役割において非常に広い範囲の事項に対処しなければなりませんでした。彼は継続的に各国の同僚たちとの関係を築き上げ、それは後に彼がシステム検証の仕事をするうえでの大きな助けになりました。当時、私が森田さんとやりとりすることはあまりありませんでしたが、野辺山での会合の際、彼がそのときに苦勞していたさまざまな問題の難しさについて彼らしい率直さで私に語ってくれ、それらを前向きに解決しようとする彼の楽天さどプロジェクトへの情熱を感じたことを覚えています。

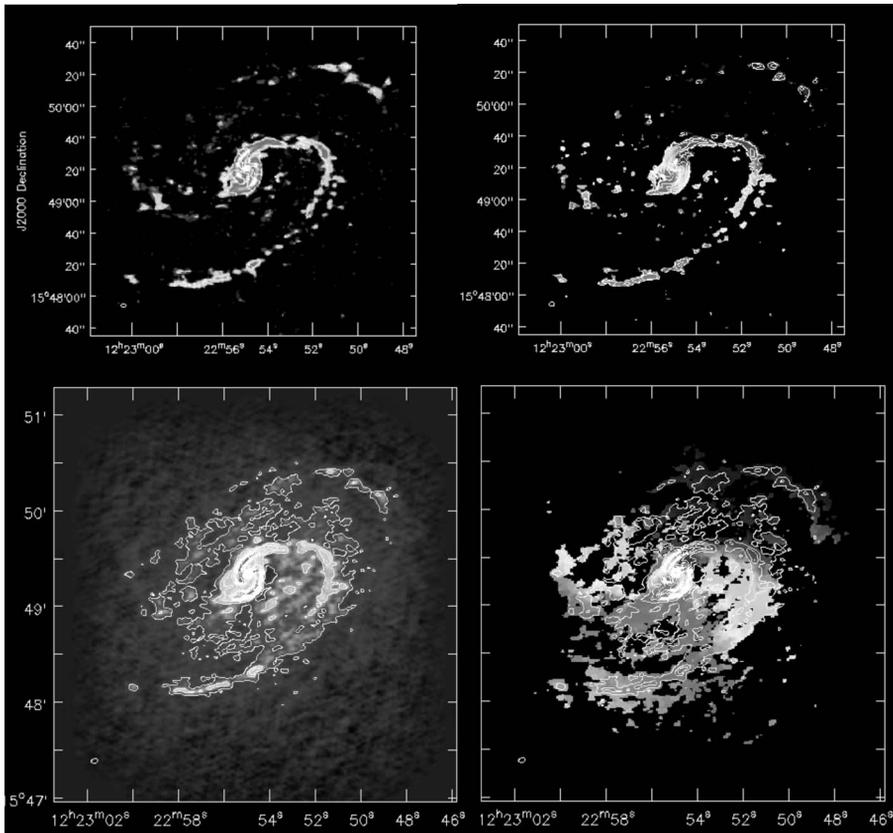


図2 ACAを使って「消失する広がった観測成分 (Missing Flux)」をとらえた最初の観測画像。

2007年初め、彼の幅広い能力が評価され、彼はシステム・エンジニアから日本側のプロジェクト・サイエンティストへの任務の変更を要請されました。この頃、私自身もより深くアルマとかかわるようになり、アルマ科学諮問委員会 (Science Advisory Committee; ASAC) やこの時期に頻繁に開催されていたさまざまな話題のレビューで森田さんと定期的にお会いするようになりました。アルマのサンティアゴオフィスで行われた森田さんの追悼集会で奥様の基子が読まれた感動的なメッセージの中で、彼女は次のような話をしました。彼女の夫は音楽好きで最初はバイオリンを習うことから始めましたが、後により彼らしい楽器であるヴィオラに転向したそうです。それは、ヴィオラ奏者がオーケストラの中でその他のより目立つ楽器に注意深く耳を傾け、他のパートに的

確に合わせることを求められますが、それが彼により合っていたからだと思います。もちろんこれは、森田さんのプロ (天文学者) としての仕事の仕方を例えたもので、ASACやその他のアルマサイエンティスト達と仕事をする中で、確かにこのような所も見受けられました。しかし実際は、私たちが森田さんの詳細な技術事項に関する豊富な経験と知識を頼りにする機会も多く、私たちが脱線しそうになっているときには森田さんが鋭さの中にいつもユーモアを忘れず仕切り直しをしてくれる機会もよくありました。これらの会合での社交的な場面では、森田さんはいつも中心人物の一人であり、気後れする欧米人たちをリラックスさせ、日本の文化や料理を楽しませようとしているときは水を得た魚のようでした。

233	Front End Conversion	HFET =SSB, SIS= 2SB or DSB	CDR PASSED. Need to provide a final SV report.			R, DG			ASG	?		
234	Front End IF output	All 2SB FE systems shall output to the BE both sidebands simultaneously.	CDR PASSED. Need to provide a final SV report.			R, DG			ASG	?		
240	Freq range, 1st IF	4-12 GHz	Wait to check PAI report			T*	3-9	L	ASG	?		
250	Total Instantaneous Bandwidth	8 GHz (minimum) in each of 2 polarizations.	Wait to check PAI report			T* or T	3-9	L	CSV-Sys		Morita	
261	Interferometric Gain Stability 05-100 sec	< 1.0e-3 at 0.05 to 100 sec for all antennas	Ongoing		2011-03-08	T	3-2	H	AIV / CSV		Morita	4 hrs each for B6, B7, B9
262	Interferometric Gain Stability 300 sec	< 3.0e-3 at 300 sec for all antennas	Ongoing		2011-03-08	T	3-2	H	AIV / CSV		Morita	Use data for 261.
263	Total Power Gain Stability	< 4e-4 at 0.05 to 1.0 sec for 4 antennas optimized for total power observations.	Ongoing (CSV & AIV)		2012-01-07	T	2-1	H	AIV / CSV		Morita	Komugi 4 hrs each for B6, B7, B9
264	Polarization: Complex gain Stability	< 1.0e-3 (voltage) amplitude and 0.06 degree phase at 0.05 to 100 sec and at 300 sec.	Next Polarization Campaign ?			T	3-1	M	CSV		Morita	?
270	Baseband filter stopband response	The -20dB points of the 2-4 GHz baseband filter shall be no more than 150 MHz beyond the nominal band edges. The filter rejection shall be at least -40dB at all frequencies beyond 400 MHz (TBC) from the nominal band edges.	Wait to check PAI report			T*	3-9	L	ASG	?		
271	Baseband filter passband response	> 90% of nominal	Wait to check PAI report			T*	3-9	L	ASG	?		
272	Bandpass Shape: gain vs freq, wide band	< 8 dB variation	Ongoing / Wait for report		2011-02-15	T	2-4	H	CSV		Napier	0
273.1	Bandpass Stability: spectral gain vs time, 1 sec	autocorr < -40 dB over 1 sec;	Ongoing B6,7,9 data was taken in 2011-11.		2012-01-07	T	1-6	H	CSV		Morita	Dent/Hig 2 hrs each for B6, B7, B9?
273.2	Bandpass Stability: spectral gain vs time, 1 hour	crosscorr < -30 dB over 3600 seconds	Ongoing		2011-03-04	T	3-7	H	CSV		Morita	Dent 2 hrs each for B3, B6, B7, B9?
275	Bandpass Shape: gain vs freq, high resolution	< 2.7 dB (p-p) gain and < 9 degree phase (rms) for 32 MHz	Analysis of gain variation is ongoing		2012-02-06	T	3-9	M	CSV		Napier/Morita	?
290.1	Spurious Signals: L01	1st and 2nd LO spurious CW signals: < -40 dBc coherent or incoherent over the frequency range from -500 Hz to +8 GHz offset from the carrier.	Ongoing		2012-02-06	T	3-13	H	CSV/ASG		Sramek / Napier	Barkats 20 hrs for B9
290.2	Spurious Signals: L02	same as 290.1	Ongoing		2012-02-06	T	3-13	H	CSV/ASG		Sramek / Napier	SYS-290.1

図3 アルマシステム検証表の一部。

アルマシステム検証チームリーダー

2010年8月に森田さんがシステム検証 (SV) チームのリーダーとしてチリの合同アルマ観測所 (JAO) のメンバーになると聞いたとき、JAOの誰もが喜びました。SVチームのメンバーたちは重要な任務を任されていました。それは、アルマシステムを構成するすべての複雑な部品が正しく機能していること、そして特に、非常に厳しいシステム仕様がすべて適合していることを実証することです。

主要技術要求のリストには100を超える項目があり、その多くは「試験による」実証が必要なものです。つまり、100を超える項目それぞれについての測定方法 (ノイズレベル, ドリフト, スプリアス信号等) を考案し、実行しなければならないということです。仕様は一般的に、物理的制限または外的影響に比べて不完全さが無視しうるように慎重に考慮のうえに低く設定されているため、これは当然たいへん難しい作業です。しかし、森田さんにはこれらの測定方法を探り出すことのできる確かな経験があり、彼の持前のエネルギーと技能でこれを体系化する作業を開始しまし

た。図3は、彼が作り上げた検証表の一部です。ここには、現状、優先順位、担当者などが記載されています。アイテムごとに、試験計画、測定の詳細などが記載された個別のシートが作られています。森田さんはこれを実行するために少人数のチームを作り (チリを拠点にするメンバーと海外から協力するメンバーの両方が含まれていました)、この仕事を完了するためにプロジェクト内のほかのグループとの協力関係を築き上げました。この仕事は昨年中に大きな前進がありましたが、まだやるべきことがたくさん残っています。森田さんの尽力により、私たちはこれをどのように進めるべきかについてビジョンを得ることができました。今後は彼が思い描いていた方法でこれを完了するという挑戦に懸命に取り組んでいきます。

アルマそして天文学界全体に森田さんが残してくれた最も重要な遺産は、チリや日本で働く若いチームメンバーたちに彼が与えてくれた励ましと指導から生まれてくるだろうと私は確信しています。彼は常に人々の質問に注意深く耳を傾ける時間を作り、彼らの意見に心を配り、辛抱強く彼らが自身の問題への解決策を見つけることを助ける

優れた指導者であり教師でした。自らの高い規範を保ちながらも思いやりの気持ちや謙虚さを忘れることのない彼の振る舞いは、老いも若きも私たちすべてに対して素晴らしい手本を示してくれま

した。アルマから生み出される数々の天文学的成果は、彼の功績を証明する何よりの証となるでしょう。

(訳 国立天文台チリ観測所 長坂優子)

森田耕一郎氏を悼んで

マーク・ホールダウェイ (アリゾナ州トゥーソン カリンバ・マジック)

1994年後半、森田耕一郎氏から NRAO が提案していたミリ波干渉計 (MMA: Millimeter Array) の日本版である大型ミリ波サブミリ波干渉計 (LMSA: Large Millimeter and Sub-Millimeter Array) の配置に関する Eメールを受け取りました。当時、この二つのプロジェクトは競合するものと思われていました。提案された NRAO の 25 m 望遠鏡は承認されたものの、欧州の IRAM で同仕様の 30 m 望遠鏡が建設されたときに立ち消えになったことをミリ波天文学に携わる誰もが知っていました。

ボブ・ブラウンとフレーザー・オーウェンは、森田さんと真剣な議論をするよう私に助言しました。非常に隔たりのあった日本とアメリカの大型ミリ波干渉計のコンセプトを融合させ、協力してより高性能な望遠鏡を建設するためにわれわれの資金を一つにまとめることができるかもしれないと期待したからです (思い返せば、たぶん、森田さんと議論するというこの決定は、あと数カ月で運用が開始される北米、欧州、日本による国際プロジェクト、アルマ望遠鏡実現に向けた最初のステップだったといえるでしょう。いや、ひょっとすると、これが2番目のステップで、耕一郎が私に近づいたのが最初のステップだったのではないのでしょうか)。森田さんとの電子メールでの度重なるやりとりはソコロの MMA グループとの議論をかき立てました。時期を同じくして、アルマ建設地となるチリ北部のチャナントール高原からの

サイト調査データが得られ始めており、この非常にワクワクする時期にこのような森田さんとのやりとりが私の仕事の大半を占めていました。

Eメールを通じて芽生え始めたこの共同作業は、1995年2月から3月の2カ月間の私の野辺山滞在につながりました。このときに私と妻と2人の幼い子どもたちを迎えてくれたのが、森田耕一郎氏でした。

1992年、箱根でのミリ波天文学の会合に出席するため、私は初めて日本を訪れました。私は道が全くわからず、交通手段についても不安だらけで、言葉の通じない国に来ていることを痛感したことを覚えています。1995年に私の家族と一緒に再び日本に来たときの旅行は少し違っていました。私たちはまず東京に着くと、東京にあるクエーカーハウスで一泊しました。翌朝、耕一郎が車で迎えに来てくれ、食事をご馳走になった後、野辺山まで連れて行ってもらい、そこでも素晴らしい韓国焼肉料理店でご馳走になりました。その日は雪が降っていましたが、店内は温かく、尽きることのない食事とお酒を楽しみました。その後、私たちは天文台に車で向かい、私たちの家族は天文台敷地内の部屋に泊まりました。

外国で生活し、言葉も通じず、町から数キロ離れた場所において、車も運転できないという状況はたいへんでしたが、耕一郎と奥様の基子は私たちが快適に過ごせるよう本当にできる限りの心配りをしてくれました。週末には何度も、温泉、城、

リゾート地、富士山付近の湖でのボート乗りなどの観光旅行にも連れて行ってもらいました。夕食会やパーティーにも何度も招いてもらいました。33歳の私の誕生日は、私のアパートで森田さんとお祝いしました。私たちはよく音楽を共にしました。私はマンドリンとカリンバを持ち込み、基子はピアノを弾き、耕一郎はバイオリンを演奏しました。素晴らしいひと時でした。私のお気に入りのひとこまは、基子がピアノを弾いたときです。彼女の内側にある素晴らしい生命力が彼女の奏でる音を通じてあふれ出ていました。耕一郎が「自分も音楽が大好きだけど、あまり上手ではないんだ」と冗談を言ったとき、基子が非常に輝いて見えました。彼は本心でそう言ったのかもしれませんが、これは周囲の人々を輝かせる耕一郎らしいやり方でもありました。

1995年の野辺山での仕事は素晴らしいものでした。私は懸命に仕事に打ち込み、非常に集中していました。私たちの干渉計のコンセプトは異なっていましたが、これらのプロジェクトは皆にとって非常に重要であることは明らかであり、皆が納得できる一つの干渉計のデザインに向けて団結できるということがはっきりしてきたようでした。意見の相違はありましたが、私の仕事の大部分は計算をして位相空間がどのようになるのか、さまざまな問題や懸案事項がその他の問題に対していかに重要であるかを皆に示すことでした。私の役目は、自分がより真理に近いと考えるものの断片を提供し、望遠鏡設計に関するさまざまな問題についての決定を助けることでした。行うべき計算プロセスと計算の形式について意見がまとまると、これらの計算結果が一つの干渉計のデザインへと私たちを導いてくれました。

私が1995年以降に日本で過ごした時間のすべては（その後も何度か2週間の滞在をしました）、私のNRAO勤務時代（1989～2007年）の中で最

も生産的などきでした。そこでは何人かの人たちとともに仕事をしましたが、耕一郎はいつもその中にいました。

2000年、耕一郎が家族と一緒に研究休暇でトゥーソンに來ました。当時、私はAIPS++プロジェクトに従事していて、思うように耕一郎の仕事に多くの時間を割くことができませんでした。さらに、私は離婚したばかりで私生活はひどい状態でした。そんななか、何度か一緒にベースボールの試合を見に行ったり、感謝祭のディナーを共にしたりしましたが、5年前に耕一郎と基子が私と私の家族にしてくれたおもてなしへの恩返しができなかったことを申し訳なく思いました。

耕一郎は、仕事にも家族にも非常に献身的でした。彼は優しく心の広い人で、一緒にいてとても楽しい人でした。人生における彼の大きな目標の一つは、皆を幸せにすること、そして、他の人々に起きている問題を解決する役目を果たすことだったのではないかと思います。

私は、耕一郎と彼の家族とともに過ごした時間が特別だったこと、彼が私たちを幸せにしてくれたことをいつまでも忘れることはないでしょう。耕一郎は私が生産的に働ける環境を作ってくれました。そして、私を温かく迎え入れてくれました。

私は、耕一郎のご家族、奥様の基子、息子さん、娘さんに対して心よりお悔やみ申し上げます。あなた方の耕一郎は素晴らしい人物であり、彼が可能な限りあなた方とともにいたことを喜ばしく思います。また、私自身も彼とともに時間を過ごし、一緒に仕事をし、彼を知ることができたことに大きな喜びを感じると同時に、彼に会えなくなることを心から寂しく思います。ここ数年あなた方と連絡をとれていなかったことを申し訳なく思っています。

2012年5月9日

（訳 国立天文台チリ観測所 長坂優子）