

# アルマ (ALMA) への道

石黒 正 人

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: ishiguro@nro.nao.ac.jp

## 1. 野辺山 (LMA) から 海外設置 (LMSA) へ

野辺山 45 m 電波望遠鏡からどんどん初期成果が出始め、またミリ波干渉計では装置の立ち上げの最後の追い込みを行っていた 1983 年、宇宙電波懇談会シンポジウム「電波観測の現状と展望」で日本の電波天文学将来計画の議論が始まった。その後も野辺山ユーザーズミーティングや宇宙電波懇談会シンポジウム等で熱心に議論が重ねられた。小口径のアンテナアレイによる CO サーベイ望遠鏡、野辺山ミリ波干渉計の拡張計画としての大型ミリ波干渉計 LMA (Large Millimeter Array) 計画、衛星や飛行船搭載のサブミリ波望遠鏡、大型の HI 干渉計、大口径レンズ望遠鏡などさまざまなアイデアが出されたが、議論の大勢としては LMA とスペースサブミリ波観測に集約されていたように思う。この当時の LMA は 10 m アンテナ 20 基程度の計画ではあったものの、素子アンテナの複視野 (マルチビーム) 化や既存の 400 倍にもなる大型相関器など、意欲的な内容も含まれていた。

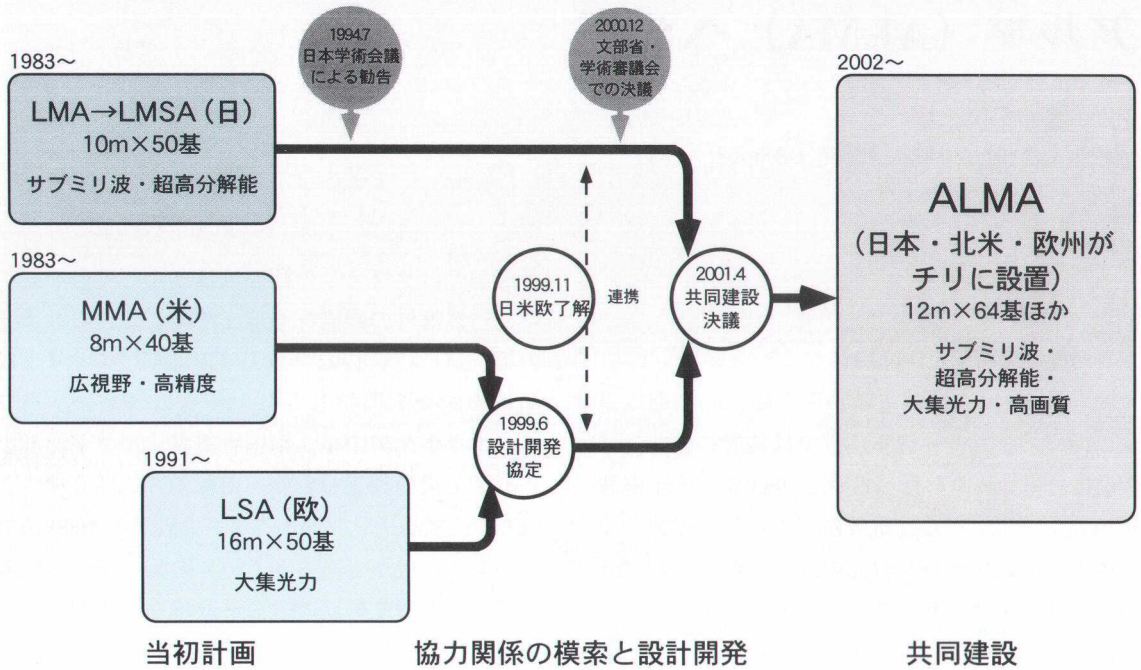
1990 年頃までは地上大型干渉計とスペースサブミリ波計画の議論が平行して進められた。LMA 関連では、1991 年に野辺山近くの清里で NRO ワークショップ「LMA 計画」が開催され、海外設置、特に南米チリ高地での建設が熱心に議論された。この頃 JNLT (現在のすばる望遠鏡) の建設計画がスタートしたので、関係研究者の間では、すばる完成後からさらに建設に 10 年もかかる計画ではもっとチャレンジングであるべきであり、当然サブミリ波も視野に入れるべきという意見が多くでた。

野辺山ではサブミリの観測はほとんどできないので、当然海外の観測好適地を探すこととなり、その第一弾として 1992 年からチリ北部でのサイト候補地の調査を開始した<sup>1)</sup>。チリ以外では、ハワイ・マウナケア山頂、中国青海省、インド北部山岳地帯を現地調査したり、南極の可能性も検討されたが、結局チリ北部のアタカマ砂漠の 4000 m 以上の高地が最適であろうという結論になり、観測装置を設置して長期のデータ取得を開始した。かくして、日本の電波天文学は、野辺山から海外へ、しかも日本から最も遠いチリに望遠鏡を建設するという大きな飛躍に挑戦することとなった。

## 2. 日本単独 (LMSA) から 国際協力 (ALMA) へ

この頃米国では、1991 年に National Research Council がまとめた Decade Report (いわゆるバーコール・レポート) で、ミリ波干渉計 (MMA) 計画が米国電波天文学の最優先計画と位置付けられた。日本は上述のように、その頃すでにサブミリ波干渉計を企画していたわけであり、その先見性は高く評価されてしかるべきである。1992 年 10 月に IAU コロキウム No.140 「ミリ波サブミリ波干渉計による天文学」を箱根仙石原で開催し、ミリ波サブミリ波における大型干渉計の天文学的意義と国際協力の可能性について議論が行われた。この国際会議は、世界に日本のミリ波干渉計の実力を示すとともに、日本の研究者が将来計画を真剣に考える良い機会を提供したといえる。

1994 年になって LMA 計画に大きな転機が訪れた。日本のバーコールレポートともいべき日本学



日米欧計画の経緯の図

術会議天文学研究連絡委員会長期計画小委員会（海部宣男委員長）の答申「21世紀に向けた天文学長期計画」の中で、「21世紀をめざす地上からの観測装置として推進すべき計画」のトップに位置付けられ、その早期実現が勧告された。計画の名称もそれまでのLMAからLMSA (Large Millimeter and Submillimeter Array)に変更，未開拓のサブミリ波領域の研究を国際的にリードし得る野心的計画を進めるべきであるとされた。さらにこの年には、LMSA計画と米国MMA計画との国際協力に関する協議が始まり、1995年には国立天文台/米国国立電波天文台(NRAO)間で協力に関する覚書が締結された。この時点では米国はサイトとしてハワイ・マウナケア山頂を候補としていたため、同山頂設置のSMA (Submillimeter Array)計画を進めていたスミソニアン天文台のグループも協力の議論に参加していた。当時はNRAOはサブミリ波にそれほど高い関心を示していなかったため、米国

が北半球マウナケアでミリ波干渉計、日本が南半球チリでサブミリ波干渉計というような住み分けをする案まで可能性の一つとして検討されていた。

LMSAとMMAとの国際協力の話は、後発の欧州LSA (Large Southern Array)計画を含めて、国際電波科学連合(URSI)のミリ波サブミリ波アレイ国際ワーキンググループなど国際的な舞台で議論が進められるようになった。日米間では、LMSAとMMAの疎結合によるアタカマアレイ構想の検討が進められ、1997年3月には東京で日本学術振興会の重点研究国際協力事業の支援による日米ワークショップが開催された。この会議で初めて10km基線による0.01秒角の技術的可能性が示され、それによる原始惑星系の観測などホットな議論が展開された。このワークショップ直後から急激に米欧のサブミリ波志向が強まり、日本から遅れること3年ようやくチリサイトの検討を開始した。その後は天文月報2000年4月号ATACAMA便り

「LMSA/ALMA の国際協力について」<sup>2)</sup>にあるように米欧は急激に接近し、米欧統合計画としての ALMA (Atacama Large Millimeter Array) へと進化した。この決定は晴天の霹靂であった。LSA 計画を進めていた欧州南天天文台 (ESO) との会議で重要な決定はしないと直前に NRAO 側から言われて安心していただいていた私は、この決定には大変驚き、自分の外交センスの未熟さを嘆いたものである。

1998 年末には米欧とも 3 年間の設計・開発経費が認められ、翌 1999 年 6 月には米欧間で ALMA のフェーズ 1 (設計・開発) における協力に関する協定書が締結された。1999 年 9 月には NRAO 台長と ESO 台長を中心とする米欧交渉団が来日し、日本の ALMA フェーズ 1 協定参加について交渉が行われたが、残念ながら署名者の格やフェーズ 2 (建設) の経費負担などの理由で合意には到らなかった。このとき日本の研究者コミュニティは、このままでは日本の計画は挫折してしまうのではないかの危機感を募らせた。その後、米欧 ALMA と日本の LMSA 計画の連携をはかるために設置された ALG (ALMA リエゾングループ: 日米欧のプロジェクト責任者) を中心として、日米欧 3 極による 3 者 ALMA 計画の構築に向けて粘り強く議論が進められた。米欧 ALG のメンバーは、日本が正式に協定に参加できるよう、辛抱強く協力してくれた。その間日本国内では、LMSA 計画準備室、LMSA 推進小委員会、装置・サイエンスのワーキンググループなどを設置し、計画推進体制を整備するとともに、天文研連シンポジウムや天文学会特別セッションなどを通じて国内の広い分野の人々の理解を深める努力を行ってきた。

2000 年 10 月にふたたび大きな転機が訪れた。パリで行われた ALMA 調整委員会 (ACC)



ACC 東京会議での署名風景

[ALMA 計画における最高意思決定機関]にオブザーバ参加した文部省 (当時) 代表から、ALMA の建設予算獲得に向けて最大限努力するという旨の意思表明が行われたのである。これはこれまでにない画期的なことであり、米欧 ACC メンバーもこの表明を重く受け止めた。翌年 4 月に東京で開催された ACC 会議ではさらに大きな進展があった。同会議では文部科学省の代表から、省庁再編後の文部科学省としても前回表明した基本方針を堅持する旨の発言があった。その結果、3 極対等な国際協力で ALMA の建設・運用を目指すことで 3 者が合意し、日・北米・欧の代表者が決議書に署名することができた。その結果、日本は ALMA の諸会議にそれまでのようなオブザーバ参加ではなく、正式メンバーとして参加できるようになった。その後 6 月のドイツでの拡大 ALMA 調整委員会 (EACC)、9 月のチリでの ALMA 科学諮問委員会 (ASAC)、イギリスでの拡大 ALMA 実行委員会 (EAEC) などの会議を経て、3 者が合意できる 3 者 ALMA の基本的な枠組みが出来上がった。

### 3. ALMA 実現に向けて

ALMA 実現まではまだまだ遠い道のりであるが、一方ではよくぞここまで来たとも思う。これからの第一の大きな関門は3者の建設経費の獲得。国際プロジェクトではいろいろとややこしい問題が発生する。例えば偉大なる「鶏と卵」問題。つまり、各パートナーの予算が決まらなると、3者で建設するALMAの装置が決まらず正式な協定書にも署名できないし、一方ALMAの装置が決まらなると経費見積もりができなくて予算要求ができないというジレンマに陥るのである。このような場合には、とにかく計画を進めるという強い意志がトップダウンで示される必要がある。

この原稿を書いている現在も文部科学省・財務省との折衝が続いている。文部科学省は平成14年度概算要求の中に「大型ミリ波サブミリ波干渉計に関する研究開発の推進」というタイトルで約9億円の経費を計上した。これが政府予算として認められれば、口径12mの高精度プロトタイプアンテナを日本が製造し、2003年に予定している米欧のプロトタイプアンテナとの共同評価試験に日本が参加できることとなり、ALMA建設開始に向けて大きく前進することとなる。しかし、日本の困難な経済状況のため、9年におよぶ建設計画全体の財政的見通しを立てるのが大変苦しい状況にある。なんとかこのハードルを乗り越えてALMA実現への道が見通せるようにしたい。

国立天文台は7月中旬から、インターネットなどを通じて一般からアルマ支援の署名を集める活動を始めた。当初の目標1万人に対し、現在4万5000人を超える署名が集まっている。これら署名には、「閉塞感の漂う今、日本国民に夢と勇気を与えてほしい」とか、「アルマこそ米百俵」など、たくさんの貴重な意見が添えられており、ALMA計画関係者は大いに勇気づけられている。

9月11日にニューヨークとワシントンで起きた同時多発テロ事件の直後、NSFの数理論理部長で

EACC委員長でもあるR.アイゼンシュタイン氏に安否を訪ねたところ、以下のような返事が帰ってきた。「親切なメッセージ有難う。我々がいま行っているようなサイエンス追求の最大の利点は最も深い友情を作り出すことである。」まったく同感である。国際的な競争の場で日本がしっかりと成果を出していく一方、文化や言語の違いを乗り越えて信頼関係や友情を築き上げ、尊敬されるパートナーになっていくこと、これもALMAにおける日本の試練である。

#### 参考文献

- 1) 中井直正, 石黒正人, 1993, 天文月報, 第86巻, 12号, p.517
- 2) 石黒正人, 2000, 天文月報, 第93巻, 4号, p.232

#### The Road to ALMA

Masato ISHIGURO

National Astronomical Observatory of Japan, Mita-ka, Tokyo 181-8588

Abstract: The concept of building a large interferometer array at millimeter and submillimeter wavelengths emerged from the discussions of Japanese future large scale facilities for radio astronomy just after the completion of the Nobeyama 45-m telescope. The original idea, LMA (Large Millimeter Array), was to build an array of about 20 10-m antennas at Nobeyama. However, there was an ardent desire to have a submillimeter capability in such an array. Thus, we decided to build the array at the best site in the world and identified the Atacama desert in Northern Chile as one of the best sites. The name of the project changed from LMA to LMSA (Large Millimeter and Submillimeter Array). Since 1994, discussions on possible collaborations with US and European similar projects, MMA and LSA, started. After a long and patient discussions, the NAOJ agreed to join in the ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) project as one of equal partners in 2000 and signed a resolution in April 2001. The road to the completion of ALMA is long, however, we would like to continue to make our best efforts.