



福地会長(左)、筆者(右)

元通信総合研究所長

畚野 信義

畚野信義氏は電波研究所において宇宙科学や衛星開発で活躍されました。この連載は、JFSCが畚野氏へインタビューしたことをきっかけに実現しました。今回は第5回になります。

衛星通信フォーラム会長
首都大学東京教授
福地 一

13. ALMA計画から見た国際共同プロジェクト

ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) 計画は、チリ、アルゼンチン、ボリビア国境近くのチリ側(チリの北端、ペルーに近い)の、海拔5千メートルのアタカマ高原にある日米欧共同の電波天文台で、現在12mφアンテナ54台、7mφアンテナ12台で構成されている。2013年の3月にほぼ建設が完了し、正式に開所された。宇宙や銀河の起源の理解や地球以外の高等文明(生物)の発見に大きく寄与することに期待が持たれている。(alma:スペイン語で魂、精神、心、芯、中心・・・、英語でsoul)

ALMAに至るまでに国立天文台と電波研究所の間には日本標準時に始まる古くからの長い協力の歴史がある。我が国の標準時の決定は天文台が行うと法令に書かれている。嘗て時刻は天文観測で決められていたことによるものと思われる。現代では時刻の決定の拠りどころは周波数である。その基となる周波数の標準の維持と精度の向上のための研究は電波研究所の役目となっている。私が電波研へ入所した1961年には、周波数標準の基準は(未だ)水晶発



振器であった。今の都立小金井高校の敷地となった当時の周波数標準課の地下深くにある恒温槽(エアコンではなかった)に標準水晶発振器が置かれていた。並行して、次世代の標準とするべくメーザー等の研究が行われていた。電波研究所には当時とかその後もかなりの期間に涉って水晶標準研究室と原子標準研究室があった。日本標準時刻の維持・改良と提供(最近よく知られるようになった電波時計が使用する長波による放送も)は電波研究所(RRL)→通信総合研究所(CRL)→情報通信研究機構(NICT)が中心となって行って来ている。以来、電波天文、VLBI (Very Long Baseline Interferometry)、ALMA等で天文台と電波研の協力は幅広く続き、電波研/通総研から天文台へ移った研究者は教授3名、准教授2名に達している。

1964年10月の東京オリンピックは、その直前に太平洋上へ打ち上げに成功した最初の静止通信衛星シンコムIII号を使って世界に実況中継された。世界中の人々がオリンピックをほぼリアルタイムで見ることが出来たのは、人類の歴史上初めてであった。それまでは、短波で細々と送られた電送写真が載った新聞と何週間か遅れて映画館で見るニュース映画しかなかった。それは世界の人々に衛星通信の威力を強く印象付けた。そして、その年にインテルサットが設立され、次の年には実用のアーリーバードが打ち上げられた。以来半世紀、宇宙開発でモノ(金、商売)になったのは衛星通信(放送)しかない。

我が国の地上局となったのは、このために急遽整備された電波研鹿島支所であった。これは電波研最初のビッグプロジェクトだった。しかし、オリンピックのお祭り騒ぎはアツという間に終り、当時としては大金を掛けた鹿島の有効利用が大きな課題となった。衛星通信の研究をNASAと協力して行ったり、ATS (Advanced Technology Satellite)シリーズの地上局として幾つかの実験にも参加したが、それらはいずれもNASAの研究計画に参加(協力)するもので、自主性のあることはそれほど出来なかった。そこで、当時東大の附置研究所だった天文台の電波天文(赤羽)グループと一緒に電波天文の研究に鹿島のアンテナを使うことが検討され、勉強会などを始めた。しかし間もなく、我が国の宇宙開発が急に本格的に動き出し、電波研は電離層観測衛星(ISS)や実験用通信衛星(ECS)とそのための技術試験衛星(後のETS-II)計画が動き出し、更に我が国の衛星通信・放送のシステムを早急に確立するためとして、アメリカのロケットで打ち上げて貰う実験用中型通信衛星(CS)と実験用中型放送衛星(BS)の開発プロジェクトが始まり、当初計画していたような本格的な電波天文の研究は、立ち消えとなってしまった。しかし以来、今日のALMAまで半世紀近く、この分野の研究で様々な協力が続いてきた。私個人としては、NASAから帰り、ETS-IIとECSの実験の責任者をやるようになった1970年代半ばに、赤羽先生にイロイロなことを教えて頂き、大変お世話になった。当時赤羽グループは、ミリ波用としては、三鷹に6mφのアンテナしか持っておられなかった。大分前から野辺山に50mφ級の電波天文アンテナを建設する構想を持ち、予算要求を続けておられたが、いつ実現するか見通しは無かった。しかしその頃M電機は技術的な検討等の支援をするだけでなく、その計画のパンフレットさえ自費で作るなど地道な応援を続けていた。当時の我が国の企業には、他にもそのような例が少なくなかった。東京オリンピック衛星中継のための電波研の鹿島センターの建設・整備はM社やN社の損得を離れた?協力が大きな力となった。そしてその後両社は世界に急速に広がった衛星通信の地上局建設で大きなシェアを占める存在となった。今の我が国の企業には、そういうことをやる(出来る)力(余裕、気力)が無くなってしまったようである。日本の産業力の低下を象徴しているような気がする。

余談だが、赤羽グループの森本さんはユニークな面白い人で、私と歳も近く(私より2-3歳上)親しくして貰った。彼の父上(群馬大学教授)は、私が受験生の頃、当時有名だった旺文社(蛍雪時代)のラジオ講座で数学を担当しておられた。私が浪人していた年(昭和29年)の秋に癌で亡くなられたが、受験生に迷惑を掛けないようにと、その受験年度の終わり(昭和30年2

月)までの講義の録音を終えておられたという律儀な方だった。彼はその息子とは思えないようなユニークで自由奔放なところのある秀才で、憎めない人だったが、いろんな意味で大変な有名人であった。後に東大教授を定年退官した後、鹿児島大学の教授を勤められた。東大定年退職の少し前に山梨大学の学長に当選されたが、先に鹿児島大学との約束があると、学長就任を辞退された。そこにやはり親子の血の繋がりを見たような気がする。しかし、私にはその時彼と交わした会話が忘れられない(ここでは書かないことにする)。

天文台は1980年代初頭に信州の野辺山に世界最大(45mφ)の電波望遠鏡(アンテナ)を完成させると、次は大気の影響が少ない、より高い山に大規模なミリ波・サブミリ波の電波天文台(10mφアンテナ50台...)を創る構想を立ち上げ、石黒教授を中心とするグループが検討を進め、最適のサイトを探して世界中を歩き回り、1990年代の前半にチリのアタカマ(ATACAMA)高原(海拔5千メートル)が最適という結論に達した。

しかし、ヨーロッパやアメリカにもよく似た計画(いずれもミリ波、10mφクラスのアンテナ数十台程度)が出て来た。1千億円を超える施設を3つ作るのは無駄だなどと言う前に、そのような巨額の予算を獲得するのはそれぞれにとっても非常に困難であるという現実もこれあり、日米欧3者が協力しようということになり、2001年4月東京でALMA3者共同建設の決議が締結された。これでこの計画は順調に進むものと思われた。

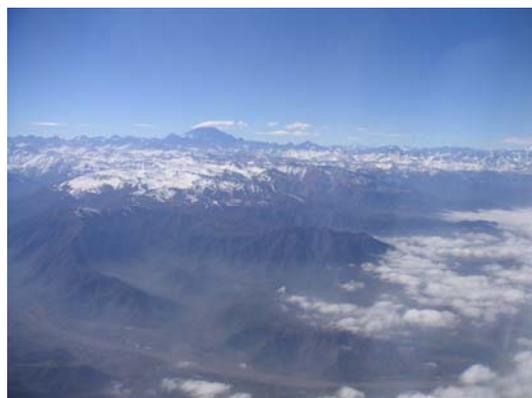
私は2003-6年度の期間、総合科学技術会議の評価専門調査会の専門委員をしていた。その頃総合科学技術会議では、総額300億円を超えるビッグプロジェクトはそれを発足させるかどうかを決める時には、アドホックの評価検討会を立ち上げ、集中的な検討を行うことになっていた。2003年秋ALMAにゴーをかけるかどうかを決める評価検討会が作られ、私が座長を務めることになった。メンバーには江崎さんを始めとする大物が多くおられた(別表)。元電波研究所という名の電波を中心とした研究をする組織の責任者をしていたということで、この役が周って来たのだろうと気楽に考えていた。

第2回の評価検討会に海部天文台長とこのプロジェクトの最初から中心になっておられた石黒教授が説明に出席された。その話を聞いて私はアツと驚いた。ALMA建設計画はすでに発足し、欧米は2年前から予算が付き、2者だけで計画はどんどん進み、予算が認められていない日本は取り残されていた。ハッキリ言えば外されて除け者にされているというではないか。日本が先行して調査や検討を進めてきたにもかかわらず、実行予算が認められないために、計画の中身は欧米中心(有利)にドンドン修正されて来ていた。何とか食い込むにはこれが最後のチャンスと説明は悲壮感にあふれていた。この計画の経緯(国立天文台の努力)をある程度知る私は何故この時点になってこのような事態になるまで文部科学省が予算の優先度を後回しにして来たのか理解できなかった。そこで、日本が不利な状況を挽回(対等の関係を回復)するよう努力することを条件に、この計画にGOをかけるようキツイ目の報告書を提出した(別紙)。幸い評価専門調査会の審議をクリアーし、総合科学技術会議でも認められ、2004年度から予算が付くことになった。



▲ ALMA天文台の設置された場所
(国立天文台のホームページから)

私はその後建設計画がある程度進んだ2007年から建設の進捗状況をチェックするために毎年現地で開かれる外部評価委員会(The ALMA Annual External Review Committee: AAER)に出席することになった。2007年9月、会議の前の説明や会議の中身から分かったことは、予想以上に日本の予算の遅れの後遺症が残っているということだった。キツイ言い方をすれば欧米は日本の予算の遅れによる建設作業への参加の遅れをイイことにして、日本を除け者にして自分達だけで勝手に振舞っているように見えた。先ずこの委員会のメンバーが欧米からは各3-4名で日本は2名だった。アンテナ群の分担の変更やマシンタイムの配分の不利はある程度仕方ないとしても、日常の建設業務でも仲間外れにされていると感じた。年に一回だけ行く委員の立場では具体的な状況の詳細は不明で推測ではあるが、建設段階の日常作業を取り仕切るJAO (Joint ALMA Office)に未だ実質的に入れて貰えず、外から間接的に連絡・要望し、回答や指示が日本(天文台)側へ伝えられるというふうで、まさに仲間外れ、作業は隔靴搔痒の感があった。日本(天文台)からサンチャゴに駐在しておられるメンバーが大変苦労しておられるなど感じた。これからの長期戦を考える時、是正(回復・挽回)をハッキリと要求して行く必要があると強く思った。紳士が多い日本の研究者は忍耐強く耐え、状況の改善に頑張っておられたが、こんな状態ではケツを捲ることも必要なのではないかと感じた。



▲ ひときわ高い山はアンデス最高峰
アコンカグア(6961m)

会議はサンチャゴの超高級ホテルで行われたが、やはりチリは世界の辺地で日本からは北米乗り換えで機中2泊かかる。夕方日本を出て同日午前(奇異に感じるが時差に逆らって東へ飛ぶため)北米(航空便によってトロント、ニューヨーク、ロスアンゼルス、ダラス、アトランタ等)に到着する。そして、南米への便はその日の夜遅く出発して(それまでヒタスラ待つ。私は評価委員ということでビジネスクラスに乗せて貰ったが、天文台の人は定年前のプロフェッサーもエコノミーだったのには驚いた。これでは乗り継ぎの待機時間中ロビーに入れず待つのが大変である)翌朝チリの首都サンチャゴ(Santiago)へ着く(ヨーロッパからは大西洋を斜めに横切って機中一泊、北米からも機中一泊)。北米からのフライトは夜の明けるころ南米の太平洋海岸に沿って南下する。日が昇ってくると航路の左側にアンデスの連山が見える。飛行機が東寄りを飛ぶと高山がグッと近くに迫って、これは正に壮観である。



▲ サンチャゴの最高級ホテル最上階の朝食会場から(サンチャゴはスモッグがひどく、朝はアンデスが霞んでいる)

ALMAの建設地アタカマ高地はチリの北の端に近く、ペルー、ボリビア、アルゼンチンの国境に近い高度5,000mのアンデス山中にある。サンチャゴからそこへはまた飛行機で北へ約2時間逆行し、銅採掘の中心地として有名なカラマ(Calama)まで飛ぶ。このコースでは途中の眼下に次々と露天掘りの鉱山が見える。カラマ空港から車で南へ砂漠の中のハイウエーを2時間あま



▲ チリ北部(カラマ、サン・ペドロ・デ・アタカマ(世界遺産)、アルマ・サイト)



▲ カラマ空港



▲ カラマ空港ターミナル

り南へ走ると、標高が約2,500mのオアシスの町San Pedro de Atacamaへ着く。ここは南米で初めて文明が築かれたところとして世界遺産になっている。世界遺産に指定されると基本的に一切の変更が禁じられるためか、町の中は(外は勿論)舗装されていず、外観は砂埃だらけの土造りの一見みすぼらしい土産物屋やレストランが軒を連ねている。しかし少し中心から外れたところでは、崩れかけたような土塀とこの地特有の木(いずれも大きな種(マメ?)を付ける大木)に囲まれた土地の中にエアコンは勿論、プールも無線LANも完備した、驚くような豪華ホテルが数多くあり、実は大変な観光地であることが分かる。



▲ カラマから砂漠を南へ走るハイウェイ
途中にある月の砂漠

そこから車で1時間あまり南下した標高約3,000mのところALMAの山麓施設がある。ここはかなり規模が大きく、アンテナや機器の最終組み立て・調整・点検・保守を行う施設(日・米・欧それぞれ)、建設施設やデータ解析・研究施設、研究員やスタッフの居住棟、食堂、スポーツジムその他がある。山頂施設へはここから更に車でユックリと1時間余りかけて急坂を登る。登る前に身体検査があり(例えば血圧160以上は不可)、指先に着ける血中酸素濃度測定器と酸素吸入器(殺虫剤のような小型携帯ボンベ)が必携である。

標高5,000mの山頂施設にはアンテナ群の他には受信装置や相関器等山頂(アンテナの近く)に置かねばならない最低限のものが置かれているだけである。また高度が高いため作業員



▲ ALMA山麓基地のゲート

や研究者等のスタッフ(人間)の滞在時間は10時間に制限されているので、山麓施設からアンテナや殆どの機器の制御が遠隔で行われる。帰国後に血中酸素濃度計を買ってみたが、平地(日本の自宅)では100と出る数値が山麓基地で80程度、山頂では少し動くと50を切る。山麓基地では軽い運動(卓球や軽い駆け足、スポーツジムのマシン程度)は平気だが、山頂基地では少し動くと酸素吸入が必要になる。しかし慣れれば(呼吸の仕方にコツがある)、これが無くてもある程度歩いたり動いたり軽い作業は出来ることが分かった。



▲ 組み立て中の日本の
アンテナ群
(2007年9月)



▲ アメリカのアンテナ
(右は組み立て棟、資材庫)
(2007年9月)



▲ ヨーロッパのアンテナ
組み立て台地
(2007年9月)

ここでまず感じたのはこんな不便なというより文明から隔離された土地で、このような巨大施設を建設し、長期間に亘って安定・正常に運用し、研究するために必要な優秀な人材を確保することが出来るのだろうかということだった。サンチャゴでの会議で危惧していたことがヒシヒシと実感された。建設のスケジュールはかなり遅れが出始めており、このままでは状況は更に悪化することが予見された。しかしその中で日本の作業だけは予定通り進んでいた。10mφアンテナは既に3台が到着して組み立てが殆ど完了しており、4台目もチリの港に到着しているということだったが、アメリカの建設サイトには立派な組み立て用ビルディングの横にアンテナは1台しかなく、ヨーロッパの台地には何もなかった。しかしこの事実はむしろ日本の存在感を高めて、仲間外れの状況を改善してくれるのではないかとすら期待した。

翌2008年12月に行った時は日本からの委員が3名に増えていたが、作業の進捗状況には大変驚いた。日本はやはりスケジュール通りアンテナが到着し、この時最初のアンテナは調整が終わり、山頂施設へのアンテナの第一号機として輸送が行われるまでになっていたが、アメリカは組み立て中のもの3基、これはまだマシでヨーロッパの組み立てサイトには相変わらずアンテナの影も形もなかった。しかも会議が始まって更に驚いた。9月に起こったリーマンショックのため貨幣価値が低下(物価が上昇)したことを理由に、欧米が担当することになっていたメインアレー(日本の予算が遅れている間に欧米がメインアレー、日本はコンパクトアレーを担当することに分担が変更されていた)の65基を50基に縮小することを欧米だけで決めていた(予算の金額は変更していないと主張していた)。更にヨーロッパはアンテナの設計を変更し、契約をやり直したという理由で、完成は大幅に遅れるという一方的な説明が出て来た。日本では相変わらず予算年度の縛りが強く、ALMAの完成が予定の年度を越えて大幅に遅れるようなことになれば、財政当局に対する説明が非常に困難になり、プロジェクトに対する信頼を失い、将来に禍根を残すことになる。アメリカも日本と予算年度は半年ずれているが、矢張り大幅な遅れは困るようであったが、ヨーロッパは予算の仕組みが全く違うよう



▲ 組み立て調整が終わり、第一号機として山頂施設へアンテナ運搬専用車で運ばれる日本のアンテナ(2008年12月)



▲ ほぼ完成した山麓基地の建物(2008年12月)



▲ 左: ALMAアンテナ群のイメージ(ACA: Atacama Compact Array日本担当部分、右方のアンテナ群は欧米担当のMain Array), 中: 超低温低雑音受信機の各国分担表 右: 日本が担当したACA相関器 (国立天文台のホームページから)

で、大幅な遅れもヘッチャラという感じで、全く話が噛み合わなかった。更にミリ波／サブミリ波受信機の製作はそれぞれの国が違うチャンネルを分担(表参照)していたが、それらに使用する部品等はまた各国に入り乱れて分担がまたがっていた。そのの何かがどこかで遅れると他に波及し全体が遅れたり、動かなくなって收拾がつかなくなってしまう。それが起こり始めていた。そこで、後れを起こさないための努力を促すために「契約にPenalty and Award制(欧米、特にアメリカのNASA等の大きな契約にはよく用いられ、性能と納期が契約通りなら契約金額通り、仕様より性能が良かったり納入が早まれば支払いは増額、仕様を満足しなかったり納期が守れなかったら減額されると言う契約の仕方)を導入したらどうか」と提案したら、会議場はシーンとして固まったようになってしまった。その日の会議後、世界遺産の街のレストランで懇親会があったが、ヨーロッパからの委員の一人で以前から親しくしていた男が何故かオロオロと近寄って来て「お前はBraveだ」と言った。何か表に出せない問題を抱えているのだなと感じた。イヤ勘ぐれば、ヨーロッパが大将という暗黙の世界的秩序に逆らったということなのか、と思わせるものがあった。

その次の年(2009年11月)の委員会の時には、建設業務のスタッフがかなり増え、JAOの責任者も変わり、日常の作業等でも日本の仲間外れはかなり改善されているように見えた。山麓施設のヨーロッパのアンテナ組み立てのサイトにはやっと建屋が出来、中では一台目のアンテナ資材が到着して組み上げ調整が行われていた。自信があるようで非常に詳しく見せて説明してくれた。いろんなところに様々な工夫がされており、性能も素晴らしいと感じた。やっと本格的に動き出し、これなら全体計画がメチャクチャに遅れることはもうないだろうという印象を受けた。そして2013年3月13日、チリ大統領が出席して山麓施設で大々的に開所式が行われた。この開所式で準備段階での予備実験の成果をALMA ProjectのChief Scientistとして発表したのは国



▲ 調整中のヨーロッパのアンテナ面



▲ 開所祝賀会で挨拶するチリ大統領



▲ 開所祝賀式会場 (2013年3月)

立天文台の川辺教授だった。そこには日本が爪弾きされている雰囲気はもう全く感じられなかった。そこに至るまでの国立天文台の人達の努力と苦労は並大抵なことではなかったと思われる。私の独断で言えば、そのカギの一つは優れた我が国のサブミリ波技術であったと思っている。宇宙から来る電波を受ける超低温低雑音受信機はいくつかのチャンネルを各国が分担(前頁の表参照)している。日本は現在整備されている7バンド(第3, 4, 6, 7, 8, 9, 10バンド)中の3バンド(第4, 8, 10)を担当している。バンドの番号が上がるほど波長は短く、性能の実現は加速度的に困難になる。第10バンドの開発は難航し、ギリギリまで担当は決まらなかった。日本とオランダが競っていたが、最後に性能をクリアしたのは日本であった。この最高のバンドのサブミリ波の受信が可能になるかどうかで、ALMAの価値が大きく左右される。これで一挙に日本の立場が上がったと考えている。これら高性能受信機の開発の中心になって奮闘したのはCRL出身の鶴沢准教授だった。そしてその成功のカギになったのはCRL関西支所超伝導半導体研究室の王室長が開発した窒化ニオブ(NbN)半導体であった。



バンド4 バンド8 バンド10

▲ 日本が担当した三つのバンドの超低温低雑音受信機 (国立天文台のホームページから)

二人は1980年代末に新しく出来るCRL関西支所の物性部門のひとつ超伝導半導体研究室の研究者として採用された。CRL初めての半導体の専門家の(半導体で学位を取った)王さんには、当時ブームになっていた高温超電導半導体の研究を期待する空気が強かった。彼もそれは感じていたはずである。しかし彼は将来波長の短い電波の利用のためにはNbNが重要だと考えてその研究を進めた。彼の卓見に脱帽したい。人柄も良かった王さんはその後国立研究所では初めての外国人の室長になった。彼はALMA完成式の3か月後に新しく上海に出来た中国科学院の半導体研究所の責任者に就任し帰国した。言わば故郷に錦を飾った。今の日本の国立の研究機関では考えられない巨額の金が投入されているそうである。

私が日米共同衛星計画として進めた熱帯降雨観測衛星(TRMM)は最初の発想から20年かかって1997年11月に打ち上げられ、17年生きて観測を続け、2014年にGPM (Global Precipitation Measurement)計画に引継がれた。国際協力プロジェクトというものは、Sounds Nice But Is Not Easyということはよく知っている。しかしAAERに出席してALMAにはTRMMとかなり違った雰囲気を感じたというより質の違う違和感があった。一つは2者の共同作業と3者のその難しさの違いかもしれない。2者の場合常に一対一の交渉(対決)だが、3者の場合それが複雑になり、特に二対一になった場合の難しさであり、そうなることが多いことである。特にALMAの場合日本は予算の遅れをキッカケに不利な少数派の側に立たされたためにそう感じる大きかったことは確かである。しかし、ヨーロッパはアメリカとは何か違った。それを特に感じたのはヨーロッパとアメリカの利害が対立した時だった。アメリカは何時も腰が引け、ヨーロッパは相手にお構いなく傍若無人に振る舞っているという感じを受けた。それは私の知らないALMA特有の両者の関係があったのかも知れないが、それは文化の違いか両者の歴史(世界歴史の中の立場)の違いから来るのではないかという気がした。俺が本家だ、新参者は下がれという横柄さが通奏低音として聞こえて来るようであった。次のTMT(Thirty Meter Telescope)計画には更に文化や日常の発想・振舞いの違うインド、中国も参加すると聞いた。その難しさが思いやられるが、多極化は案外問題を単純・簡単化するのも知れない。それより島国日本人は揉まれた経験が少なく逞しさが無いということなのかも。



もうひとつ率直な感想を言うと、ALMAの予算の遅れの対応は優等生的(文科省に忠実)過ぎたのではないかと感じている。状況や条件はかなり違うので(TRMMでは、アメリカ側は日本の開発する衛星搭載用レーダがどうしても必要だった)、一概には言えないが、私はTRMMではモット遅いと言うか気楽な対応をしていた。パリ・サミットの結果を見て、それまでは我々が担いでいた神輿を妨害(反対)していた役人が突然神輿を奪って担いで走り出すまでは、10年以上予算の付く見通しは全くなかった。それでもアメリカ側にはやる気十分の(金は必ず取るぞという)姿勢(虚勢)を貫いていた。そして彼らは日本はやると信じていた。

スペース・ステーションに搭載するスペース・ラブが公募された1972年、私はNASA/GSFCにいた(今で言えば所謂ポスドク)。NASA/HQの役人がやって来て、日本から次々と調査団がやって来る。皆同じことを質問し、大量の資料を持って帰るが、そのまま梨の礫だ。一体どうなっているのかと聞かれた。それら調査団を送ったいくつかの官庁や企業に問い合わせたら、口をそろえて「大蔵省さんのOKが無ければ何も出来ない。従って何も返事が出来ない」という返事が来た。それをNASA側に伝えると彼らはビックリ仰天した。「我々はヤルと確約して貰うことを期待していない。興味(ヤル気)があるかどうか(ヤればやりたいと思っているかどうか)を知りたいのだ。ヤりたくても国から金が出なければどうしようもないのはアメリカでも同じだ。最初からそんなことまで期待していない」と言った。文化の違い、システムの違いを感じた。

振り返ってみると、それ以来私のやり方はこれに大きく影響を受けていたように感じる。それがTRMMの進め方に出て、日本の社会(システムの中)で違和感・反感を生んで来たことがあったのかも知れないと反省している。

地球の裏側で行われている大国際プロジェクトを紹介すると言うより、地球の裏側の様子を知って頂くために私の撮った写真を幾つか添付した(別添ファイル参照)。

ALMAの詳しい情報や説明は国立天文台のホームページ: <http://www.naoj.ac.jp/>
ALMAのアンテナ等の様々な映像は、ESO (European Southern Observatory)のホームページ <http://www.eso.org/public/videos/archive/category/alma/>を見て頂きたい。■

別表 ALMA評価検討会 名簿

	大山 昌伸	総合科学技術会議議員
	江崎玲於奈	評価専門調査会専門委員
座長	畚野 信義	評価専門調査会専門委員
	増本 健	評価専門調査会専門委員
	小平 眞次	国立木更津工業高等専門学校教授
	佐藤 勝彦	東京大学大学院理学系研究科教授
	知野 恵子	読売新聞編集局解説部次長
	松本 零士	アニメーション作家 日本宇宙少年団理事長
	満田 和久	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部教授

1. 評価の視点に対する意見

評価の視点の、1及び2は関連している。

参加決定の遅れが、長年の努力の足を引っ張り、不利を招いたことは明らかである。この状況を克服するのは、一番早くからそれを提案して来たなどという情緒的な主張は通らない。我が国の参加が、計画全体に大きなメリットをもたらすものでなければならない。これには我が国の実力、特に技術力の高さにもものを言わせることができることがカギである。

我が国のミリ波天文学における実績とサブミリ波帯半導体の実力は世界的に認知されており、特に後者は首ひとつ先行していると言って良い。

現時点(現状)でも、我が国が「三パートナーの一員」と位置付けられていること、金銭的貢献度(22%)を越える(25%前後の)貢献度を獲得することを目標に協議を行っている(行えている)ことは、これらの優位性を十分に生かして、不利な状況にもかかわらず、十分なタフさとリーダーシップを発揮していると認められると共に、交渉相手が我が国の実力に対して十分な敬意を払っていることを示している。(どの国でも、予算を獲得するのは至難の技であり、例え1-2%でも自分の金銭的貢献度を下げてまで、相手に譲るといことは大変なことである。)

評価の視点3について。

本計画の意義や今後得られる成果の国民に対する説明については、かなりの努力が行われていることが、質問に対する回答から理解されるが、質問への回答ではなく、より積極的に発信する(発信していることを周知することも含め)姿勢を期待したい。

東アジア諸国との連携については、それら諸国の研究者の育成に長年力を注ぎ、人的財産(人脈)を築き上げてきた先見の明と実績は評価される。今後は、このネットワークを生かして、より大きい、ダイナミックな国際協力の目標を定め、具体的な構想を打ち出し、実行していくことが望まれる。

2. その他考慮すべき事項に関する意見

本計画が中止、或いは延期された時のインパクトとその功罪の度合いについて、検討しておく必要がある。

共同作業に必要な普遍的原則ではあるが、特に国際的な共同研究計画が成立するためには、それぞれの参加者の実力(相補的な関係等によって参加者全員へメリットをもたらすこと)と相互の信頼関係という形而下的及び形而上的両面の条件が不可欠である。「アルマ計画」のようなビッグプロジェクトでは、それに金銭的貢献が重大要素となって加わり、それに関連して、参加各国の違い(予算年度、各種システム、経済的状況等)が複雑に絡まり、大きな困難をもたらす。

「アルマ計画」では我が国の金とシステムの問題が、信頼関係に悪影響を齎し、我が国の科学技術の実力によって、辛うじて決定的な破綻を免れているというのが現状であると観察される。このような状況から、これ以上の延期は更に信頼関係を悪化させ、より不利な状況に置かれることは容易に推測でき、本計画の推進が意味を見出し難い状況に陥ることも懸念される。従って、現状での延期は中止と同じ程度のインパクトを齎すと考えられる。

その場合の想定されるインパクトとしては、①研究者(コミュニティ)へのインパクト(志気の阻喪、研究能力の弱体化、国際的競争からの脱落、若い人材のこの分野への吸引力の喪失と人

材育成への支障、これらから来る研究者とそのコミュニティのモラルの低下、国際的信用の喪失・・・)、②産業界へのインパクト(これに含まれる各種先端分野の技術・経験・実績等獲得の機会の喪失、それによる競争力の低下や将来のビジネスチャンスの喪失、アカデミックな色彩の強い(利益が低く、不確実な)計画への協力に対するインセンティブの減退・・・)、③社会・国民へのインパクト(我が国における社会的規模でのこの分野への興味・関心の低下、国民的プライド獲得の機会の喪失・・・)等が考えられる。

一方、国立天文台自身による、約35%の自助努力により、本計画実施の純増負担は約20億円/年(×8年)であるとされている。

これら(比較的軽微な単年度負担と中止或いは延期した場合のインパクトの深刻さ)を比較・勘案すると、直ちに実施することが適切であると判断される。

副次的効果として、約35%の自助努力を行うために必要なスクラップ・アンド・ビルドの過程で、自然現象を対象とする博物学的研究に有り勝ちな、マンネリに陥った研究の見直しが進み、国立天文台自身の改革が大きく前進することが期待される。

3. 調査・検討項目に関する意見

A. 科学技術上の意義

科学技術上の目的は妥当であり、意義の大きさについては、今更論じる間でもない。所期の目的を達すれば、科学技術的効果も大きいと期待される。

B. 社会・経済上の意義

本計画は経済的効果を目的として行われるものではない。また、行うことによる直接的な経済的効果は特筆するほどのものではない。しかし、本計画に含まれる各種先端技術(サブミリ波アンテナ技術、サブミリ波半導体技術、超低温技術、微小信号検出技術、大量データ処理・計算技術等)の獲得による多岐にわたる波及効果は大きく、発展性は高いと期待される。

社会的意義については、国民のこの分野への興味・関心の発生・育成、科学的な知識レベルの向上、国民的プライドの高揚、若者の理科離れの防止等、幅広く大きな効果が期待され、この分野では特に高いコストパフォーマンスが期待される。

C. 国際関係上の意義

共同計画参加へ参加・貢献することにより、欧米諸国のみならず、システム設置場所であるチリ等中南米諸国との信頼関係は向上し、さらには共同研究プロジェクトの計画・推進を通じて、東アジア諸国に対する人材育成、協力関係の確立、リーダーシップの獲得等、その意義は非常に大きい。国際親善を基本とする我が国外交政策との整合性も高く、我が国国益上の意義や効果も大きいと期待される。

一方、計画の中止(撤退)、延期による国際的信用の低下・喪失は、単にこの分野の研究コミュニティのみならず、我が国の科学技術への姿勢、更には外交上の信頼性そのものにも波及する深刻なものとなると懸念される。

D. 計画の妥当性

国立天文台の長年の経験・実績、国際的協力による慎重な検討を経て計画された本プロジェクトは、科学的目標、システムの構成・性能、建設から運営・保守に至るまで、十分に目配りされた、妥当な計画であると判断される。また資金的にも十分に検討されていることが認められる。高所での大規模施設の建設という未知の部分もあるが、安全面

での問題は見当たらない。今後建設・運営に当たり、環境への十分な配慮が求められると共に、建設地に近いコミュニティへの融和に注意を払う必要がある。

E. 成果、運営、達成度等

幅広い視点から詳細に検討された膨大な提出資料と説明から判断して、高い科学的成果が得られ、妥当な運営が行われ、投入される資源や計画された目標に対し、十分高い達成度が得られると期待される。

科学的成果、社会的効果等のより一層向上のために、より一層の努力を期待する。

(評価結果の反映等の確認については本計画のみでなく、少なくとも大型計画については行う必要がある。)