

## 私のみてきた「すばる」の経過（前編）

### 1. 有史以前

大型光学赤外線望遠鏡（すばる）がスタートするまでには、実に長い間の紆余曲折があり、そのスタート以前はすばるの有史以前としましょう。

国立天文台は5年前には東京大学東京天文台でした。10年一昔という言葉がありますが、科学技術の進展が著しい今は、5年一昔でも当を得ていないかもしれません。東京天文台岡山天体物理観測所に日本最大（当時世界7位）の188 cm 望遠鏡ができたのは1960年でした。すばるの建設が開始されたのは1991年、完成は2000年になります。日本最大の光学望遠鏡の更新には実に40年の年月を必要としたのです（すばるの耐用年数は、仕様書によれば50年、まさか50年間次を作らないつもりではないだろうな）。大学院の修業年限が5年ですから、実に8世代を経たわけです。

日本の光学天文学者はそんなに長い間手をこまねいて、さぼっていたのでしょうか？ そんなことはないのです。岡山天体物理観測所の188 cm（74インチ）望遠鏡が観測を始めて5年経た頃には岡山天体物理観測所長（大沢清輝教授）を中心としたメンバーは次の150インチ（4 m）望遠鏡建設へ向けた勉強会を始めていたのです。一世代後には次が検討され始めたのになぜ！という疑問がわいてきます。

光学観測だけが天文学ではありません。この間に天文学はめざましい発展を遂げ、新しい発見を次々と続けました。太陽電波観測に始まり、ミリ波からサブミリ波の宇宙電波観測、地上からの赤外線観測から人工衛星を使った赤外線、紫外線、X線、ガンマ線観測へとどんどん新しい天文学が拓けてきました。

基礎科学に投入する予算が先進諸外国に比べて極めて少ないとの批判が強い中で、1969年には6 mのパラボラアンテナ19基、8 mパラボラアン

テナ3基による太陽電波観測所が開設され、1974年には世界第4位の大きさの105 cm シュミット望遠鏡が完成し、1978年には45 m 宇宙電波望遠鏡、5台の10 m アンテナからなるミリ波干渉計を有する野辺山宇宙電波観測所が完成した。また宇宙科学研究所の科学衛星による大気圏外からのX線観測は世界をリードしてきました。

### 2. 国内3.5 m 計画

紆余曲折のまわりをうろちょろし、その様を眺め、議論に加わっていたのですが、この紆余曲折を独断と偏見で書くにはまだ時間の経過が足りないように思います。

日本の光学関係の天文学者が188 cm 望遠鏡の次の望遠鏡の検討を始めたのは先にも書いた1966年頃の大沢グループでした。1948年に完成した口径5 m のヘール望遠鏡より大きなものをとすることは、この時点では全く考えられませんでした。これは世界共通のことで、1970年代には新しい技術を取り入れた3~4 m 級の望遠鏡が次々と建設されました。大沢グループの150インチ望遠鏡の検討は当を得たものだったのです。しかし日本の基礎科学に投入する予算では、あれもこれも実現することはかなわず、前述の他の分野の観測装置が次々と建設されていったのです。

45 m 宇宙電波望遠鏡計画をうらやましい気持ちでながめながら、次の光学望遠鏡の検討を続けていました。そして大沢グループの流れをくむメンバーの案が3.5 m 望遠鏡だったのです。設置場所を国内に求め、気象庁の協力で気象衛星「ひまわり」の写真を特別に見せて頂き、日本全国の26箇所を候補に夜間の晴天率の良い場所を何年分もていねいに見る作業を続けました。しかし結局は、岡山天体物理観測所の近くが最適ということになりました。岡山天体物理観測所の建設地選定は正しかったことを改めて証明したことになりました。ところが岡山天体物理観測所の東南20~30 km の所には、新産業都市の優等生である水島コ

ンピナート、そして西 30 km の福山市には製鉄を中心にした工業地帯が出現し、その明かりが空を染め、煙が流れてくる事態になっていたのです。そこでシーイングのよい瀬戸内海気候を失わない限り北へ向かって候補地を探ろうと、実際に小高い山を実踏し、少しでも空の暗い地点を求めて、夜空の明るさを測ることを続けていました。

この頃から 3.5 m を国内に設置する科学的根拠を問う意見が出始めたのです。そして広く全国の光学天文の関係者が 188 cm 望遠鏡の次の望遠鏡の議論を始めたのです。この議論を進めていく過程で、1980 年に光学天文関係研究者の組織として光学天文連絡会(光天連):GOPIRA (Group of Optical and Infrared Astronomers) が発足しました。この会の発足をはさむ 3~4 年を費やして議論した結論が次の 3 本建て案でした。

### 3. 3 本建て計画

光学天文連絡会での議論になってからは比較的短時間で結論が出て、1981 年には 3 本建て案で一応の合意をみました。

その内容は、1. 国内の観測適地に 3 m 万能望遠鏡を建設する。2. 外国観測適地に 2 m 程度の中口径望遠鏡を建設する。3. 次に外国の観測最適地に本格的な大型望遠鏡を建設する。

というものでした。この計画は当時の東京天文台長の見解であった、1) 外国には設置できない。2) 予算は 100 億円を越えることはできないという二つのバリアが設定されていることを条件に検討されたものだったのです。

ところが、この二つのバリアは当時の台長の見解であって、台長が交代し、新しい台長になるとそのような指示はどこからも出ていないし、そんな壁はないことが分かりました(どんな台長を選ぶかは大切です)。同時に光天連の中でも、これからの天文学を展望し、3 m を越えるような望遠鏡は晴天率も悪く、シーイングの悪い日本におくべきでない、外国の観測適地に建設すべきであると

の強い主張が出てきました。そんなこんなで 1983 年には議論はほぼ白紙に戻され、また延々と議論を重ねることになったのです。

### 4. 7.5 m 計画

議論に議論を重ね、パロマーの 5 m は越えようとの合意から、150 インチの 2 倍、300 インチを目指そうということになりました。7.5 m 望遠鏡案です。光天連はこの 7.5 m 案を策定した頃から活動は静かになって、現在に至っているようで、望遠鏡の検討は建設を担当する東京天文台を中心に計画を進めることになりました。

7.5 m の主鏡は、まだ世界でどこも製作したことがありません。この頃までの主鏡の支持方法では、面精度を保つのにその厚さは直径の 6 分の 1 は必要とされていました。アスペクト比といわれているものです。これでは主鏡の重さは 100 トンをはるかに越えてしまいます。これでは望遠鏡を構造物として製作するのは不可能です。そこで主鏡を軽く製作する方法が研究されました。

主鏡を軽く製作する方法として、1) ハニカム構造にする方法、2) 薄型メニスカスにする方法、3) 小さい鏡を組み合わせるセグメント方法等が検討されました。ハニカム鏡の検討は東京大学百年記念事業の一環としてアメリカのアリゾナ大学と協力して行われました。ハニカム構造を作るための狭い型枠を使うため流動性のよい熱膨張係数が大きいガラスを使う必要があり、温度制御が難しく面精度が保てないという理由で採用されませんでした。またセグメント方式はその面精度を出す調整が困難なことから外され、薄型メニスカス方式で製作することを決めました。しかし薄型メニスカスは計算機制御による能動支持で面精度を補償することが条件でした。このため 1 万分の 1 の分解能をもつ力センサー、力制御をもったアクチュエータの開発が必要でした。

この他にも克服しなければならないたくさんの開発要素がありましたが、とにかく 7.5 m 望遠鏡

として大型光学赤外線望遠鏡計画がまとまったのです。

## 5. サイトサーベイ

大型光学赤外線望遠鏡は世界最高の観測性能を追求しており、そのためには設置される場所も世界最高が要求されます。机上調査を含め候補とされた地点は現在天文台が設置されている場所だけにとどまらず広く検討されました。天文観測の条件はいうまでもなく、1)夜間の晴天率が高いこと、2)大気の揺らぎが少ないこと、3)夜間の空が暗いこと、4)水蒸気量が少ないこと、5)容易にアクセスできることなどがあげられます。これらの条件を満たす世界の観測に適した場所は既に国際観測所となっており、それは1) ハワイ・マウナケア、2)チリ・ラシア付近、3)スペイン・カナリー諸島の3箇所です。この中からこれからの観測は赤外線観測に重点がおかれることから水蒸気量の少ない高地であること、日本からのアクセスの便がよいことからハワイ・マウナケアを建設地と決定したのです。

設置場所をマウナケアと決めても、まだ山頂のどこを選ぶかのサイトサーベイが必要でした。マウナケア山頂一帯は科学利用地域とされ、そこには今世紀中には13台の望遠鏡しかおかないことが決定されていました。建設中のKECK望遠鏡で既に9台が建設順に良い場所を占めている状況の中で、残された場所で最良の場所選びが進められました。

まず最初にマウナケア山頂の模型による風洞実験が気象研究所の協力を得て行われ、地形による乱流、他のドームによる乱流が風向によって候補地点のどの高さまで影響を及ぼしているかの調査が行われました。マウナケアで東風が卓越していることを考慮して、頂上から遠く、メインリッジから離れたKECKの西150mの地点が建設地と決定されたのです。

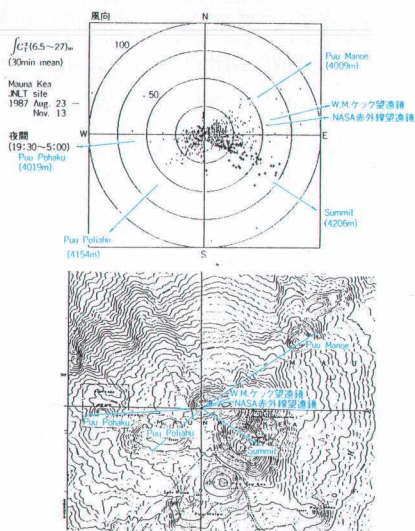


図1 上：すばるサイトにおける接地境界層のシーイング指標と風向きの関係  
下：シーイング指標の大きい方向と噴石丘の関係。

## 6. マウナケア サイトテスト

1987年にはマウナケア山頂の建設予定地で、ハワイ大学の協力を得て、主に気象条件を中心とした現地調査が行われました。シーイングの原因となる接地乱流がどの程度の高さまで影響しているかを測定する調査のために、4200mの山頂の10m KECK望遠鏡のドームがまさに建設中のその西隣150mの所に高さ30mの塔を立て、3段にセンサーを配置して熱乱流の測定をするとともに一般的な気象観測をしました(表紙写真左および図1)。また、夜間の天候モニターとして全天カメラをハワイ大学2.2mドームのクーデ室屋上に設置し、夜間1時間おきに撮影しました。

この現地での調査の主眼は、接地乱流層をさけるという観点からは望遠鏡を地上何mに設置するか、すなわちピアの高さを決定することでした。この調査の結果、望遠鏡の不動点の高さを地上27mとするのが望ましいという結論になり、ピアの高さを決めるための重要なデータとなった。

(つづく) 中桐正夫(国立天文台)