

天球儀 *****

チベットにおける天体観測サイト探査

佐々木敏由紀、吉田道利、高遠徳尚

<国立天文台ハワイ観測所 Subaru Telescope, 650 North A'ohoku Pl., Hilo, HI 96720, USA>

<国立天文台岡山天体物理観測所 〒719-0232 岡山県浅口郡鴨方町本庄 3037-5>

e-mail: Sasaki@naoj.org, yoshida@oao.nao.ac.jp, takato@naoj.org

次世代超大型望遠鏡建設に向けた秘境チベットの天文観測サイトとしての調査が行われようとしている。ラサで開かれた天文サイト調査研究会の概要とその後に行われたチベット西部地域の探査紀行を紹介する。その探査行の中で、いくつかの天文サイト候補地を訪問し地勢を概観した。秘境チベットの天文観測サイトとしての可能性とサイト調査の必要性を指摘する。

1. はじめに

北京を離陸し、経由地成都から1時間30分あまり、高度を下げて着陸したのはラサ空港である。ラサは高度3650mではあるが、ハワイ・マウナケア山腹のハレポハク(2800m)に着いたときのような軽い息切れもない。高山病対策として当日朝飲んだダイアモックス(医薬品)が効いているのかもしれないが、皆調子が良いという事なので、飛行機内での気圧順応が施されていたのだろう。秘境チベットへの初めての旅である。これから「中国西部(チベット)天文サイトサーベイ研究会」と、それに続くチベット西部の探査旅行が始まる。

2. 衛星データから見るチベットの天体観測環境

超大型望遠鏡計画の検討に伴って地上各地のサイト調査が進められている。2002年のハワイ島コナで開かれたSPIEでのサラジン他の報告¹⁾の中で全地球的な雲量分布が時系列アニメーションとして示されていた。すでに大型望遠鏡が設置されているチリ、アメリカ中西部などの地域が雲量の少ない地域として明瞭であったが、さらに中国西部チベット地域も同様に雲量の少ない地域として目立っていた。秘境と言われるだけあってチベットの天体観測環境の調査は十分になされていない。そこで、SPIEでの報告をフォローし、より詳細にチベット地域の様子を見るために、公開されている気象衛星データをNASA大気科学データセンターSOAA²⁾から取得した。図1はその様にして求めたチベット地域の2月期平均の現地24時の雲量分布である。分解能は1度(ほぼ100km)である。北緯33度、東経83度を地心として半径2度の地域が雲量の少ない地域と認められる*¹。雲量の年変化を図2に他のサイトと比較して示した。電波天文台ALMA建設予定地*²(チリ)と比べると若干悪いが、チベット西方

*¹ NASAから配布されたりリモートセンシングデータ可視化ソフトウェアWorld Windでは、衛星レーダーデータと合わせて等高図を表示することが出来る。該当する領域には平原中に立ち上がる山塊があり、我々は候補地の一つと考えている。

*² アタカマ地域のサイト調査については本原らの天文月報記事³⁾を参照下さい。

にあるインドのハンレ天文台*³、ウズベキスタンのマイダナク天文台と比較するとかなり条件が良いように見受けられる。

これらの衛星データを用いたサイト候補地選定とともに、シーイング、地上風速などの実際の天体観測条件の評価には、現地での調査が不可欠である。数年に渡り季節変化や昼夜ごとの変化などを詳細に調べる必要がある。2003年夏に、中国の超大型望遠鏡計画の一環としてチベット地域のサイトサーベイ研究会が開かれようとしていた。しかし世間を騒がせたSARSの影響でその開催が1年延びる事になり、我々もタイミング良く研究会に参加することができるようになった。この研究会に続いてチベット西部の探査行も企画されており、現地の地勢を確認する為にも参加することにした。

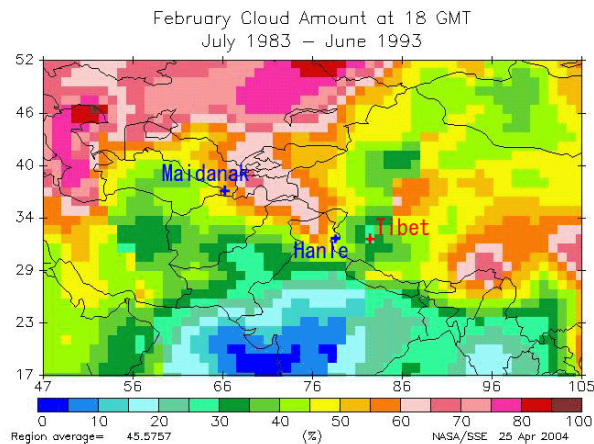


図1. 気象衛星データによるチベット周辺域の2月期平均雲量分布(現地24時)。チベット候補地、およびインドのハンレ天文台、ウズベキスタンのマイダナク天文台位置が示されている。

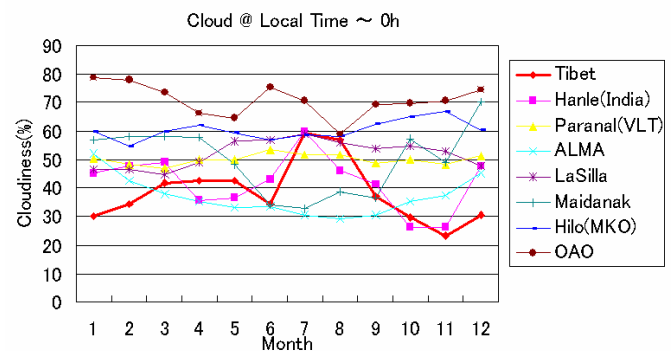


図2. チベット地域および各地天文台の雲量の年変化。SOAA/NASA 気象衛星データより、地方時24時のデータを用いている。

3. 中国西部(チベット)天文サイトサーベイ研究会

本研究会は、2004年7月5日から9日にかけて、ラサ市人民公会堂で世界各国からのサイトサーベイの関係者が集まって開かれた(図3)。主催は中国国家天文台サイトサーベイグループ(姚(ヤオ)教授)である。日本からは、名大の佐藤、栗田、国立天文台から佐々木、高遠、浦口(すばる)、宮下(三鷹)、吉田(岡山)が参加した。

J. Vernin(ニース大)、R. Avila(メキシコ)らの大気乱流理論のレビューから、さまざまなサイトでの観測環境調査の話、これからの計画、中国西部の天文サイトとしての可能性の話など、話題が多岐にわたり、また、可視光から電波まで幅広い波長での話があった。サイトサーベイに用いられているいろいろな観測機器の紹介もあり(表1)、それぞれの観測機器によるデータ間の比較校正が、今後各地でのサイトサーベイ結果を検討する上で重要である事も示された。また、J. Lawrence(オーストラリア)による南極のドームC(高度3260m、緯度75S)

*³ ハンレ天文台については上野氏の天文月報記事⁴⁾、小倉氏の訪問記⁵⁾を参照下さい。

表 1. 可搬型天体観測条件測定機器

装置名	測定方法	測定値	測定高度
MASS (Multi-Aperture Scintillation Sensor)	多瞳光学系による大気上層擾乱測定装置	シンチレーション	1km から 数 10km
SODAR (Sound detection and ranging)	音波反射による風速高度分布測定	シンチレーション	15m から 1km
DIMM (Differential Image Motion Monitor)	多入射口での複数星像の相対位置揺らぎ	シーイング	上空の積分
赤外線雲モニター	10 μ m 帯赤外線カメラ	雲量	上空の積分
可視光全天カメラ	可視光 CCD カメラ	星野	上空の積分
気象塔	気温、湿度、風速、風向、気圧、雨量、日照、赤外放射、大気微熱乱流測定、塵量	気象データ	0m から 30m
軽量無人飛行機	気温、湿度、気圧	気象データ	数 m から 300m
バルーン	回数限定	気象データ	数 m から 数 10km

でのサイトサーベイ結果が報告され、シーイング平均 0.27 秒、70%以上の快晴夜、赤外大気放射が少ないなどマウナケアと比較しても天体観測条件が抜群に良いとの報告もあった。南半球しか観測できない不利はあるが注目すべきサイトである。栗田氏(名大)の軽量化望遠鏡はサイト調査にも使えるとの感心を呼んでいた。

研究会の主目的である中国西部(含チベット)でのサイト調査については、中国国家天文台を中心に一昨年から行われてきているサイト調査の報告があった。中国独自の気象データに基づき、インド国境、タジキスタン、キルギス諸国国境のサイトを候補地としている旨の発表があった。可視赤外線望遠鏡とミリ波望遠鏡の両者をターゲットとしている。

研究会の締めくくりとしてこれからの中国サイトサーベイの方向性が議論された。国際協力でサイトサーベイを継続することが中国側から提案された。Nordic Optical Telescope 所長の J. Andersen 教授(前 IAU 事務局長)も、その提案に沿って協力して活動する意向を示した。Science advisory committee と Executive committee の2本立てで進む提案がなされた。

なお、研究会の詳細は、その発表内容とともに Web で公開されている⁶⁾。参加者は、メキシコ、フランス、ドイツ、米国、ESO、ルーマニア、デンマーク、オーストラリア、インド、日本、韓国、中国、台湾からの総勢 86 名であった。

4. チベットサイト調査

ラサでの研究会に続いて、3300km を超すチベット縦断の自動車踏破行が 8 日にわたって行われた(図 4)。チベット全体の地形の印象を得、数カ所のサイト候補地を訪問して地勢を見聞することが目的である。ドライバー、専属医師も入れて総勢 33 名が 7 台のランドクルーザーに分乗しての旅である。日本からは佐々木、高遠、浦口、宮下、吉田が加わった。他には、中国、



図 3. 中国西部(チベット)天文サイトサーベイ研究会。演壇近くにいるのは、高遠(左)、吉田(右)両氏と主催者の姚教授。

台湾、デンマーク、ドイツ、オーストラリア、インドからの参加である。

初日はラサ市からの 600km の行程、2 日目は 700km、3 日目は 500km、4 日目は自動車の保守とガー市周辺のサイト候補地調査、5 日目には崑崙山脈越えの 1100km、6 日目は 300km、最後の 7 日目は 150km でカシュガル市に到る（表 2）。途中高度 5000m を超える峠をいくつも越えるので、気候の穏やかな時期でも相当な強行軍であると覚悟はしていたが、訪問時はモンスーン時期であり、崖崩れや道路の流出などにも遭う過酷な旅となろうとは予想もしていなかった。

表 2. チベット踏破行々程 (2004 年)

日付	旅程	距離	所要時間	サイト候補地
Jul.10	ラサ(拉薩)からサンサン(桑桑)	600 km	17.5 h	
Jul.11	サンサン(桑桑)からガイゼ(改則)	700 km	21.5 h	
Jul.12	ガイゼ(改則)からガー(喝尔; 獅泉河鎮)	500 km	13 h	(O1)
Jul.13	ガー市周辺調査			G1, G2
Jul.14	ガー(喝尔)からイエチェン(叶城)	1100 km	31 h	
Jul.15	イエチェン(叶城)からタクシコルガン(塔什庫爾干)			
	崖崩れのためカシュガル(喀什)に戻る	300 km	10.5 h	
Jul.16	カシュガル(喀什)からタクシコルガン(塔什庫爾干)	150 km	4 h	T1
Jul.17	タクシコルガンからカシュガル (喀什)	150 km		T2
	飛行機でウルムチ (烏魯木齊)			
Jul.18	ウルムチ (烏魯木齊) から北京			

出発前に医者が来て、高山病の薬とウェットティッシュをくれる。車に酸素ボンベを積み込む。我々は、サイト候補地周辺で地上 300m 以内の気温分布の測定を予定しており、そのための機材を持ち込んでいる。探査行主催者の姚(ヤオ)教授グループも天体観測モニタ機器を用意して臨んでいた。

初日は、ラサを出発しシガツェ(日喀則)経由でサンサン(桑桑)までの移動である。南回りの近道は工事中で通行不能のため、研究会のエクスカージョンで行った宇宙線観測施設のあるヤンパーチン^{*4}(八羊井)から山道を経由してのシガツェ行きである。ラサ近郊では、ラサとゴルムド、西寧(シーニン)を結ぶ青蔵鉄道の工事が行われていた。間もなくの開通と聞く。雪の舞う山道に揺られ、峠で小休止である。チベットでは峠ごとに石積みかしてあって旗(タルチョ^{*5})が巻いてある。携帯GPSでは 5442m となっている。かなり寒く、体を動かすごとに息切れがする。ゆっくりと体をいたわって行動するに限る。この辺りの高度まではまだ筆者(佐々木)の体力は持つ。峠を下って行き、さすがに疲れて居眠りをしてしまったが、気がつくと平坦な舗装道路に至っている。比較的大きな町の周辺に着いたのだ。シガツェ(3900m)で昼食である。地方政府迎賓館でのもてなしだ。この旅行には地方政府の支援をかなり受けているようだ。歓待もされた。姚さんの準備が行き届いていると同時に、地方政府に天文台設置への期待があるのだろう。

シガツェは、パンチェンラマが住持をつとめるタシルンポ寺のある町である。遠目にタシルンポ寺を眺めなが

^{*4} マウナケアより高い 4300m の所に温泉と温泉プールがある。エクスカージョンの訪問時には ESO からの参加者は同道していた娘さんと泳いでいた。

^{*5} タルチョとは経文が印刷された祈祷旗のこと。タルチョが一度風になびけば一度読経したことになるのだという。峠越えなどの際、自然への畏敬を表わし、道中の安全を願ってタルチョを掲げる風習があるという。その周りは必ず上から見て時計周りに回らねばならないようだ。

ら先を急いだ。上海から距離 5000km の碑のある集落を抜け、夜中の 1 時過ぎにサンサンに到着。宿はいわゆる招待所というものだ。遅い夕食を掻き込んで就寝する。扉のないトイレには翌朝とまどうことになるのだが、この際は郷に入っては郷に従えで、なかなか度胸が据わるものである。疲れもあってぐっすり睡眠を取った。サンサンとて高度 4500m である。高度順応は大丈夫のようだ。

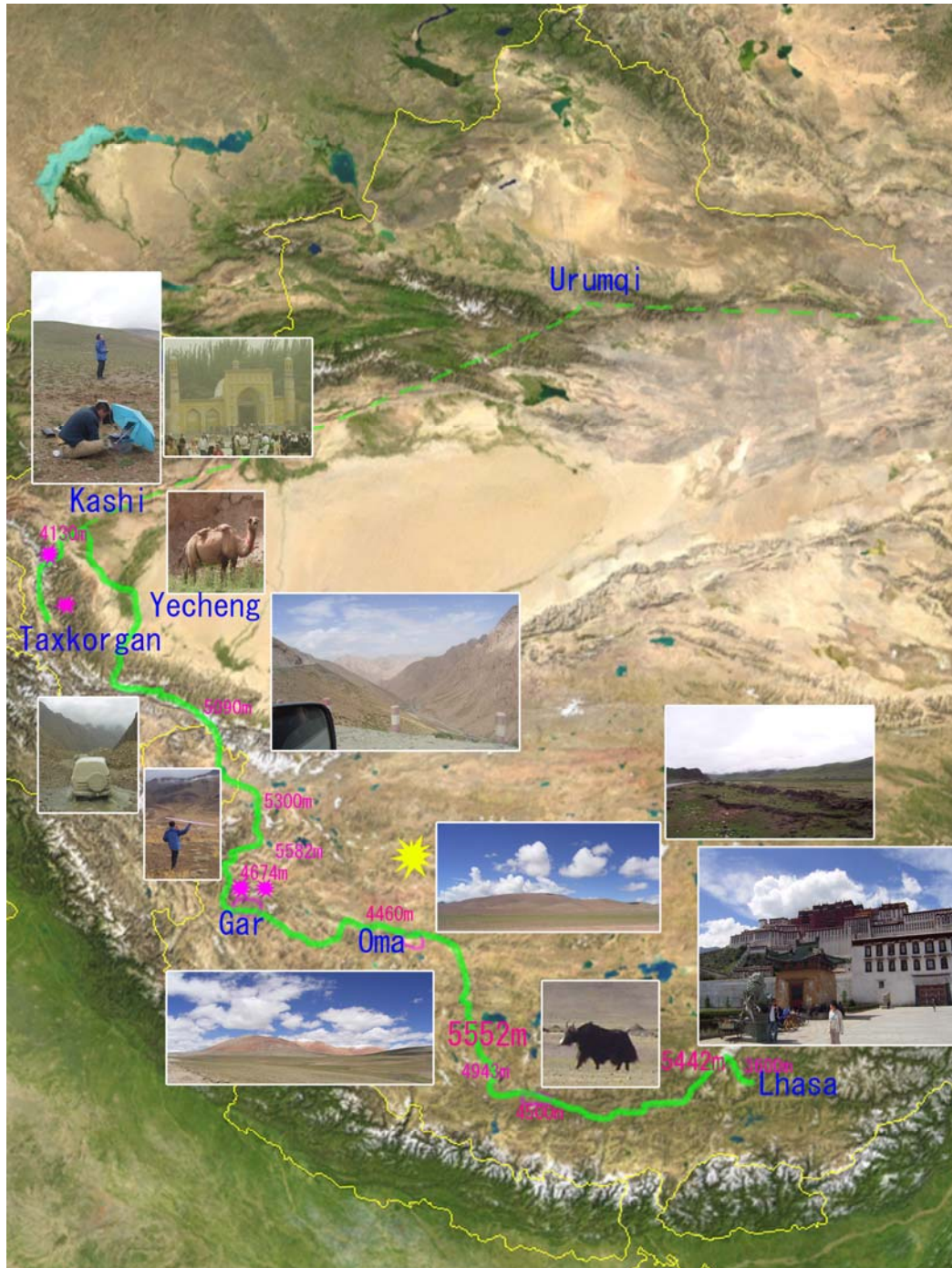


図4. チベット地図と探査経路。探査行中の写真をはめ込んである。ピンク色☆印はガーおよびタクシコルガン周辺のサイト候補地、黄色☆印はオマ周辺のサイト候補地。数字は高度を表している。背景は World Wind で取得したチベット地域の Landsat 7 衛星画像。

2日目は、衛星データの解析から晴天が期待できるガイゼ（改則）への行程だ。峠を越え、広々とした平原の続く道を縫って、ヒマラヤ山脈沿いの道から北へ分岐した。青空が広がってきており、快適なドライブである。温泉が湧出している地点を過ぎ、チベット遊牧民のテントを尋ね、屋前に湖が見渡せる小さな峠に着いた。高度4943mである。我々が準備してきた軽量飛行機での地表温度計測が始められた。今回の踏破行での機材による初めての調査である。軽量飛行機での温度計測はこのあと、ガー周辺のサイト候補地、タクシコルガン周辺のサイト候補地で行われた。ここではその予行演習である。飛行の準備はスムーズに行き、初飛行では機体に取り付けたビデオカメラでの地上風景の撮影、そのあと機体を替えての温度計測と、参加者皆の興味を引いた。足を踏み入れにくい場所を上空から調べるには良い手段である。

小休止のあとガイゼ（改則）目指して進む。遠くに高山を見ながらの高原の道である。この踏破行での最高高度5552mの峠に着いた。タルチョはためく峠である。車外はさすがに寒い。雪を抱いた峰も見える。野には青いポピーがあちこちに咲いている。ヒマラヤブルーポピーである。可憐な花に心が安まる。しかし、ここまでだ。この高さは筆者（佐々木）の限界を超えていた。その後半日は強い頭痛に悩まされ、車内で眠り続けた。気がつけば夕方、湖脇の道を疾駆している。ガイゼ（改則）に到着したのは、翌日の明け方4時30分頃だ。しかし、十分な空きベッドが見つからなかったようだ。ドライバーのみベッドを確保して休息、他の全員は食堂で小休止。そこで食べた麺はなかなかのものであった。

翌朝9時、ガー（喝尔）へ向けて出発である。悪天候のため道も悪くなっており、時間がかかりすぎているので、先を急いでいるようだ。ガイゼ（改則）を過ぎたオマ（物瑪）の北方が、私たちがサイト候補地として選定した地域である（図5）。今回は街道を通り過ぎるだけであるが、次回にはその地を尋ねてみたい。広々とした高原が続く。野には牧草がまばらに、所々濃く生えている。山には木はほとんどない。4500mを超すチベット高原なのだ。野原の中に幾筋にもつけられた道をたどって進む。羊の群れを何カ所かで見かけた。チベット人が生活している証だ。仲間の車がパンクで、タイヤ交換である。タイヤは次の集落でパンク修理である。集落ごとに食堂と自動車修理工場があるのは生きていく上で必然であると素直に納得する。やがて、右手に白っぽい湖が見えてくる。その湖は塩湖のようだ。その畔には塩採取所があり塩が積み出されていた。

午後7時頃ガキー（革吉）に着く。地方政府の人の歓迎を受ける。チベット式の歓迎の印である白い布（カ



図5. オマ周辺のチベット高原。なだらかな高原に小高い丘が望まれる。高度5000mの世界。遠方には羊の群れとヤクの群れが見える。

タ）を首からかけてもらう。ガキーを出て山道を進み、5000m近くまで上る。峠を越えたあたりで道のそばを小さな川が流れていた。インダス川の源流らしい。遠くに見える山並みは中国とインドとの国境らしい。その向こうには2m望遠鏡のあるハンレ天文台がある。踏破行中インドに最も接近した瞬間である。ガーの入り口にさしかかり、再度歓迎を受ける（図6）。出迎えのご婦人にチベット式白い布（カタ）をかけてもらい、差し出された灰と麦をつまんで三回空に放り上げる。そして、差し出されたコップで乾杯である。なかなか情緒ある歓迎であった。夜の10時過ぎ、ガーのホテルに入った。

ガー（喝尔、別名獅泉河鎮）はこの地方の中心都市であり、ホテルも素晴らしい。地方政府招待の夕



図6.ガーでの歓迎。歓迎を受けているのはJ. Lawrence氏（オーストラリア）。

食会では、地方政府関係者の方から、ガーを中心とするアリイ（阿理）地方での天文台構想に大変な感心を寄せているとの話を伺った。また、数年以内に空港が出来るとの話も聞く。空港が出来れば、今まで通ってきた地域へのアクセスも格段に良くなる。ショットグラスのような小柄のコップにビールを注いでの乾杯*6の嵐のあと、“Great Wall” 銘のワインを飲ませてもらった。久しぶりで良い味であった。

翌朝は車の保守を兼ねた一日である。移動はない。しかし、早朝5時からガー周辺のサイト候補地での軽量飛行機による測定である(図7)。ガーから北に向かう。4674mの峠が目的地である。夜明け前ですが、寒い。この測定の初期テストはマウナケアで行ってきた。2日前にガイゼ（改則）への途中でテ

ストをしたものの、本格的な測定は初めてである。地方政府の関係者家族が同道していたが大変興味深げだ。100mから150mの高さにある等温層が時間とともに上昇・消失していく様子が捉えられた（次章参照）。

5日目になった。いよいよ踏破行中の最難所、崑崙山脈越えである。ガーの町を出たら新疆ウイグル自治区のイエチェン（叶城）まで、途中で大きな町はない。飛行機も飛んでいない。1100kmの踏破である。ガーへの空港開設が待ち望まれる所以である。

午前7時にガーを出発し、途中ルトック（日土）で朝食を取る。キャラバンのドライバーの一人が調子を崩し、交代する。中国・インドをまたぐ美しいバングン湖の脇を通り進む。山の断崖は見事な褶曲模様を見せていたりする。正午頃、車の一台が来ないので停車して待つ。辺りは砂礫である。道は、平原、山岳の繰り返しだ。真夜



図7.ガー候補地での飛行機測定。浦口氏が飛行機を飛ばせようとしている。

中近く山間の小さな村に着く。ガソリンを補給し、またぞろ場末の飯屋で食事を取る。食事は裏切られたことはない。なかなか美味である。夜を徹してのドライブである。午前4時近くに車を止めて2時間ほどの仮眠を取る。ドライバーが休憩することは非常に重要なことである。夜が明けて、大工事の峻険な谷あいの道に入った。重機を用いた大がかりな工事が行われている。工事場を避けた脇道は所々濁流に押し流されている。4輪駆動車でなければ走行できない道である(図8)。

午前9時、入境検問所に到着する。新疆はアフガニスタンなどの国境地域であるため、人の出入りを厳しく管理している。外国人旅行証とパスポートのチェックを受ける。昼前、工事場の谷を抜けて突然道が良

*6 乾杯(カンペイ)を避けるには「随意(スイイー)」と云えばよい。ただし、自分より身分の高い人が乾杯と言った場合には効力はないようだ。



図8.崑崙山脈越えの悪路走行。車も人も踊りまくりながら延々と疾駆する。

くなる。舗装はされていないが、大きな段差のない大変良い道だ。イエチエンまで200kmと出る。ふたたび峻険な山道となる。崑崙山脈越えの最後の峰である。かなりの高低差のある峰を2つ越えて、ラクダの出迎えを受けた。コヤーという村である。村の様子がチベットのそれと全く違う。イスラム系だ。舗装道路が始まり、遠くには油田が見える。午後3時すぎ、ようやくイエチエンの中心街に到達。姚さんが待っていた。あたりはロバ車が行きかい、羊肉が店先に釣り下がっているイスラムの世界。長い4輪駆動車のドライブは終了である。安心して昼食を取った。ここからは空調の効いたゆったりしたバスの旅となる。危険な踏破行はほとんど済んだとの感慨を持つ。

途中カシュガルを抜ける。西域の拠点カシュガル

は日本人になじみのある町である。有名なエイティガールモスクを脇目にバスは疾駆する。目的地はタクシコルガンである。タクシコルガンは、タジキスタン、アフガニスタン国境に近い観光地である。その近辺にサイト候補地が2カ所ある。バスに揺られて、オアシスの町や砂漠の中を爆走し、夜になって峠越えにかかる。午後10時ごろ峠の途中の入境検問所に到着、徒歩で越える。外国人旅行証とパスポートの検査をされる。ガーから2日かかりのドライブ、あと少しでタクシコルガンに着くはずであった。しかし、終夜の豪雨のために道路は崖崩れにあい、通行不能となっていた。急遽カシュガルに引き返し、ホテルで仮眠を取る頃には午前2時を回っていた。

運転をしていないとはいえ、14日朝7時にガーを出てからほとんど丸2日車に乗りっぱなしである。かなり過酷な2日間であった。ここまで至れば、残りは少しであり、過酷な踏破にもなれてタフになっている自分に感心してしまう。翌朝はホテルでのまっとうな中華料理で朝食を取り、朝9時に昨日と同じバスでタクシコルガンを目指した。道は快適。昨日の崖崩れも処理されているという。イスラム色の濃いこの地域に行くのは気分が変わってなかなか爽快である。途中で止まった市場の店先に山と積まれたスイカ、メロン類を見ていると、それらの原産地がこの辺りであったことを思い起こさせられた。振舞われたメロンの甘さと瑞々しさは格別であった。

前夜阻まれた山道を通っていく。この山道は、K2を擁するカラコルム山脈を越えてパキスタンへ到る「カラコルム・ハイウェイ」である。谷底の道から見上げた氷河を抱く山は7719mのゴングール山であろう。曇天のため頂は見えないが、晴天であれば見事な眺めだろう。山道のある程度登ったところで谷底が大きく広がり、やがて湖が見えてきた。標高3600m、氷河の水をたたえるカラクリ湖である。美しい。タクシコルガンへ至る最後の峠にバスを止め、歩いてたどり着いたなだらかな丘からサイト候補地が望めた(図9)。なだらかではあるが高度4130mであり、慣れてきているとはいえやはり歩いていくのはきつい。遠方に見えるサイト候補地は広々とした良い丘のようだ。しかし、三方には雪を抱く高山があり、シーイングなどの天体観測条件が気になりとなる。サイトの評価は、機材を持ち込んでのサイトテストをするしかないだろう。ここでも、軽量飛行機による垂直温度分布の測定を行った。警護係官、バス運転手達の興味を誘った。峠を下り、快適な堤防沿いの舗装道路でタクシコルガン市を目指す。途中でバストラブルのため、分乗してタクシコルガンに到着する。3200mである。観光地であるだけに素晴らしいホテルで、やっと旅の疲れを癒すことが出来た。



図9. タクシコルガン周辺のサイト候補地が眺望できる丘で調査している参加者。中央左手の奥は、雲にかかっているが7000m超級の高山。

翌朝早くにはタクシコルガン周辺の別のサイト候補地に調査に出かけた。しかし、悪天候のため、サイト候補地には到達できず、疲れ切ってホテルに引き返した。モンスーン時期の悪天候に当たってしまったのは不運である。代替のバスでカシュガルに引き返し、ウルムチへ飛んで今回の踏破行は終了予定である。漢唐時代からの石頭城^{*7}に寄ってカシュガルへと向かう。途中で、昼食として取ったラグ麺はトマト風味のうどんのようなもので、羊肉の串焼ケバブとともになかなか良い味であった。無事にウルムチ経由で北京まで戻ってきた。

5. サイト調査時に取得した気象データ

今回のチベットでのサイト調査では、温度センサーを取り付けた飛行機で地上300m以内の温度分布とその時間変動を測り、無線ビデオカメラを取り付けた飛行機でありの地形の空撮を行う事を中国側に提案してきた。高遠、浦口が中心となって計画を練ったものである。地上数100mというのは、いろいろな測定手段の「穴」になっている高さであり、この層のデータを得ることは大変貴重である。明け方と夕方、地表付近の逆転層がどのように形成され、消失していくのかを追いかけることは天文サイト調査として重要な意味を持つ。

ハワイのマウナケア山麓で初期テストを行ったが、本格的な測定は今回が初めてである。チベットの3カ所で測定を行った。テストを兼ねたガイゼ（改則）までの峠での測定、そして本格的な測定はガー市周辺のサイト候補地での早朝の測定、タクシコルガン市手前のサイト候補地での測定である。日の出前から日の出後の温度逆転層の測定が出来たのは、ガー市周辺のサイト候補地である。

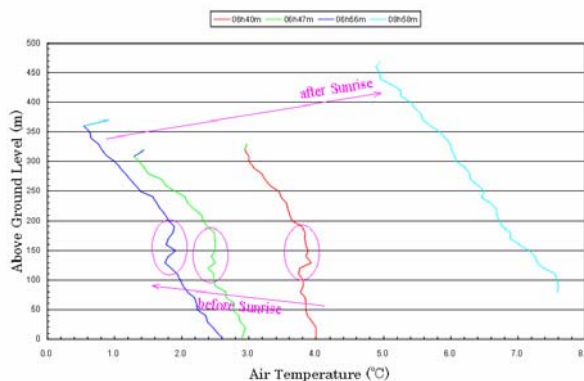


図10. ガー市周辺サイト候補地で取得した気温垂直分布(2004年7月13日)。日の出前の温度逆転層がとらえられている。日の出後には逆転層は消滅している。温度逆転層でシーイングが悪化する。データは浦口氏による。

ガー市周辺のサイト候補地での測定では、浦口が飛行機操縦係、高遠がパソコン操作と高度指示係、宮下が地表気温計測、佐々木が地表風速計測、吉田が記録係と分担して計測した。運搬中に壊れた機体を応急処置してから、まずは測定機器の電源を入れ、パソコンとの通信を確認する。いよいよ飛行機を飛ばす。まずは温度測定からだ。飛行機はぐんぐん上昇し、地上300mに達する。これ以上上がると飛行機を見失うため、この高度が限界なのである。そこでエンジンを止め、滑空しながらデータを取る。高遠が飛行機の高度をチェックして読み上げる。それを聞きながら浦口が飛行機の下降速度を調節している。あとの3人は地表の温度・風速を測定して記録していく。一旦地表付近まで

*7 町名タクシコルガンはタジク語で「石の城」という意味らしい。

滑空したあと、再びエンジンを回して飛行機を上昇させる。これを3度繰り返して測定した。

最後は地表にランディングである。飛行機を壊さないようにうまく着陸させるのは難しいらしいが、素晴らしいランディングであった。

現地の早朝は4674mの高さもあってさすがに寒い。地表付近の気温は3度から徐々に下がり、最後は2度くらいまでになった。3回の測定が終わった時点でようやく夜が明けはじめた。夜明け前から日が昇る直前までのデータが取れたことになる。

次に、場所を変えることにする。この峠は鞍部となっているので、隣の丘の上からやることにした。丘の上で準備が終わると夜は完全に明けていた。午前8時くらいである。今度は一度温度測定の飛行機を飛ばしたあと、ビデオカメラを積んだ飛行機を飛ばした。付近の地形の空撮である。無線でリアルタイムの画像が送られてくるのでモニターを見ていると大変面白い。まるで自分が飛行機に乗っているようだ。

ガー市周辺での温度計測の結果を図10に示した。地上150m付近に温度逆転層が見られる。逆転層は時間とともに上昇し、日の出後には消滅していくようだ。逆転層の高さ変化の傾向から判断して、夜中はもっと低い高さに逆転層がある可能性がある。逆転層の上下の薄い層でシーイングが悪化するので、この層の振舞いは今後のサイト調査の重要項目である。

6. まとめと将来に向けて

今回の中国チベット地域の天体観測条件をターゲットとしたサイトサーベイ研究会と、チベット西部地域の踏破行によって、チベットにおける天体観測条件の良好さ、そして観測所設置が可能な地形的な概観を得ることが出来た。中国独自の気象データに基づき、天文サイト候補地の発表があり、我々の衛星データによる推定とあわせて、今後衛星データを駆使してのサイト選定を中国側と協力して精密に行う必要が認識された。

現地でのサイト調査は定量的にサイトを評価する上で不可欠である。姚さんらはチベット地域のサイト調査を続けているようである。我々も、チベット地域の天体観測条件についてのサイト評価を協力・支援し、地球上でサイト調査が欠落しているチベット地域の評価に貢献をしたい。具体的には、いくつかのサイト候補地にサイトモニターできる機器（主として、シーイングモニターと水蒸気量モニター）を設置できるように努力していきたいと思っている。このサイト調査によって、チベット地域の超大型望遠鏡候補地としての評価が明らかになるであろうし、サイト調査結果は中小口径の望遠鏡を設置するための基本資料ともなる。

チベット西部域の中心都市ガー（喝尔）には数年以内に空港が出来るとの話だ。空港が出来れば、サイト候補地へのアクセスも格段に良くなる。サイト調査は前人未踏の作業を伴うこともある。日本の岡山でもハワイのマウナケアでも最初は道なき道をかき分けて候補地に至ったわけである。今後はアクセスが容易になることを期待したい。

チベットは秘境と言われ未開の地のごとく思われるが、現地にはチベットの遊牧民が至る所にいる。彼らの庭なのだ。今回は短期間で強行踏破であった。チベット、新疆ウイグルともに随所に秘境の名に恥じないサイトがある。ラサでのワークショップでは、エクスカッションとしてポタラ宮、ジョカン寺、ノル布林カ(夏の宮殿)などを見学させてもらった。踏破行中はドライブ以外の時間もなく、次回行くときには余裕を持って秘境探索もしてみたいものだ。また、チベット式食事にはバター茶が付きものであったが、味が濃く結局は慣れずにおわった。もう少しチベット文化にも触れてみたいと思う。

最後に、ラサにおけるワークショップとチベット現地の探査旅行を組織、運営した姚さんをはじめとした中国の方々には非常にお世話になった。外国人旅行証の準備から現地地方政府との交渉などの努力に深く感謝する。探査旅行に参加した方々のサイト調査への熱意とその精神力には感心した。8日間の過酷な探査旅行の成功の鍵であった。この研究会とサイト探査旅行が、今後のチベット地域での天文サイト調査の本格化の先駆けであると思いたい。また、クリーンテクノロジーとしての天文観測でチベットの文化に貢献できることを切望している。

参 考 文 献

- 1) Sarazin, M., et al., 2003, SPIE 4840, 291.
- 2) <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>; Meteorology and Solar Energy; Global/Regional Plots
- 3) 本原顕太郎、宮田隆志、土居守、2004, 「TAO サイト調査(1)」, 天文月報 97, 530.
- 4) 上野宗孝、1998, 「ヒマラヤは地球最後の楽園か? 究極の天文観測サイトを求めて -ハンレへの旅」, 天文月報 91, 594.
- 5) 小倉勝男、2004,
<http://www2.kokugakuin.ac.jp/science/staff/ogu/intro.html>
- 6) <http://www.bao.ac.cn/conference/sitesurvey2004/meeting/home.htm>
講演内容 HP は、
<http://www.bao.ac.cn/conference/sitesurvey2004/meeting/program.htm>

[英文要旨]

Title: Perspective of Astronomical Site Survey in Tibet

Abstract: Astronomical site survey around Tibet has been started related to future large telescopes. A site survey workshop held at Lhasa in July 2004 is summarized. An exploration tour around west Tibet was carried following the workshop. Several astronomical site candidates were visited to look around. It is claimed that Tibet area has a good potentiality for astronomical observations and necessity of site survey in Tibet.

[英文著者名、英文著者所属先]

Toshiyuki Sasaki, Subaru Telescope, 650 North A'ohoku Pl., Hilo, HI 96720, USA

Michitoshi Yoshida, Okayama Astrophysical Observatory, 3037-5 Honjo, Kamogata-cho, Askuchi-gun, Okayama 719-0232

Naruhisa Takato, Subaru Telescope, 650 North A'ohoku Pl., Hilo, HI 96720, USA