

中国気象衛星データから探る西チベットでの天文台サイト探査

佐々木敏由紀(国立天文台)

はじめに

西チベット域は汎地球天体観測網を構築する上で重要な位置を占めるサイトである。西チベット域での天体観測サイト調査を2007年から中国・日本共同で行っている。その結果、マウナケアに匹敵する晴天率を持つサイトの存在が明らかになってきた。獅泉河に近いアリ(高度5032m)には中国国家天文台がアリ観測所を設立し小型望遠鏡望遠鏡が設置されている。しかし同所は、将来の大型望遠鏡設置の上で、冬期の強風環境と中心都市獅泉河が直視できる欠点を持つ。今回、アリ観測所周辺で、風環境が穏やかで晴天率が高いサイトを中国気象衛星データを用いて調査した。直径30kmの盆地内にある小丘がその有力サイトとして浮上してきた。今後のサイト環境の調査が必要であり、その結果を踏まえて大型望遠鏡設置に向けて進展することを期待している。

これまでの中国サイト調査概況

2007年から中国・日本共同で中国西部域(新疆ウイグルおよびチベット)で天体観測サイト調査を継続的に行ってきた。調査サイトは、カラス(新疆ウイグル)、オマ(チベット)、アリ(チベット)である。調査のために設置した機材は、10 μ 帯中間赤外線カメラ装着の雲モニ

ター装置、微熱乱流計測装置(カラス、オマ)、気圧計、気象センサー、粉塵計(アリ)である。

雲モニター装置でもとめた晴天率は、他の望遠鏡サイト、すなわち、すばる望遠鏡、ハレアカラ(マウイ島)、チャナントール(チリ)、岡山観測所と比較した(図1)。晴天率は図1左下に示した評価式で求めている。冬期のオマ、アリの晴天率は、すばる望遠鏡に

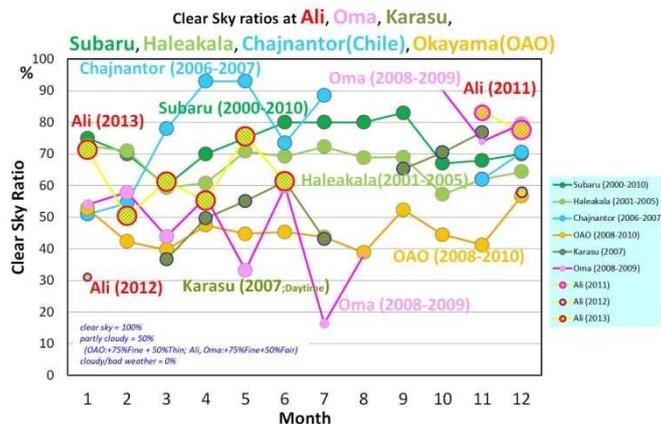


図 1. 晴天率比較

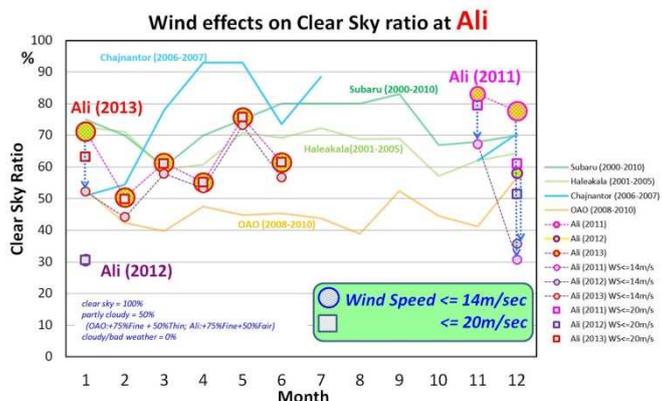


図 2. 強風影響下での晴天率の劣化

匹敵しており、通年にわたって岡山観測所より快晴割合が高い。しかしアリでは冬期には晴天でも強風の影響で観測不能となる割合が高いことが判明している。すばる望遠鏡での風速の観測限界値 14m/s を適用すると、観測可能晴天率は12月には30%に下がる(図2)。

気象環境の詳細について、気象研の天気予報シミュレータを用いて評価をした。図3は、風速が比較的強く測定されていた2012年12月14日真夜中18UTCの地表10mでの風速分布である。アリで強風でもZoZo Hillでは風速環境が穏やかであることがわかる。周辺の山脈により風速が遮られて穏やかな環境となっている。シーイングへの影響は、接地境界層によるシーイングへの影響、ドーム望遠鏡による影響、上空大気による影響があり、接地境界層の穏やかなZoZo Hillでのシーイング環境はアリ観測所の0.8秒角より良いと推定される。

上記の2007年から2013年にわたる中国・日本共同で行ってきた西チベット域での天体観測サイト調査の状況は、佐々木報告(天文月報2015年)にまとめてある。

中国衛星データを用いたサイト評価

ZoZo Hillでの晴天率は夏期の測定データがチベット入境の許可が下りずに回収できていない。周辺地域について人工衛星データのアーカイブから天体観測環境を評価することも試みられている(Yeほか, 2016)。Yeほかは、Climate Forecast System (CFS)/National Centers for Environmental Prediction (NCEP)を用いており、Dataは6h毎の角度分解能0.3°(〜30 km)、31年間平均である。我々はより精度の高い評価をするために中国衛星風雲(Fengyun, 略:FY) FY2-Dデータによる西チベットでの晴天率推定を行った。FY2-Dデータは、千葉大学で公開されている(<http://www.cr.chiba-u.jp/>)。FY2-Dのデータ仕様は、経度:44.62E-164.58E、緯度:59.98N-59.98S、分解能:0.04 degree (4km)、1時間ごとのデータである。波長帯は可視 x1 チャンネル、赤外 x4 チャンネルであり、雲の分布を得るために10μ帯の赤外線画像を用いた。1時間ごとのイメージを各点について時系列データに並び替えて、月毎に時系列分布図とした。

処理としては、wgetによるデータダウンロードおよびその後の解凍はubuntu上で処理し、解凍した画像データの温度データへの変化、FITS化処理、時系列データを切り出し

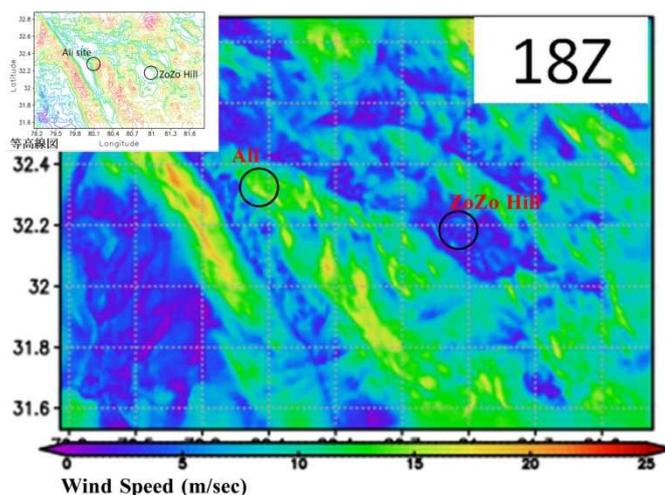


図3. 気象研の天気予報シミュレータによる地表面風速分布

エクセル形式への変換処理は、Microsoft Visual Studio C++ (VC)で GUI 込みで作成した。時系列エクセル形式データから日別プロファイル画像からの晴天率判定は、別個の VC 作成ソフトウェアで行った。データを圧縮するために、ピクセル角度分解能 3 (角度分解能 0.12°) とした。時間分解能は元データに準拠して 1 時間である。衛星データが乱れる場合もあり、その場合は欠落データとした。図 4 は月毎の日別プロファイル画像からの晴天率判定を示した例である (2010/01 アリ地区)。1 月間の平均データ (空色の丸) とその誤差 (データから求めた rms 値、あるいは固定 rms 値) に基づいて晴天率判定を行った。この例では、平均値より固定 rms 値 3° (温度) x 2.5 倍を引いた値以上の熱温度である場合には晴天と判定している。時間ごとの判定を天文薄明時間内で評価して夜間の晴天率としている。雲モニターの晴天率と衛星データでの推定晴天率との比較図は図 5 であり、基本的に良い一致を示している。2008 年 11 月から 2014 年 12 月までのデータを解析した。中国衛星データでの推定晴天率と他の望遠鏡サイトとの比較は図 6 に示した。7, 8 月を除き他の望遠鏡サイトに伍した晴天率を示している。

アリ観測所、ZoZo Hill 周辺の西チベット各地での晴天率の様子を月毎に調べた (図 7)。2008-2014 の平均から求めた分布である。図 7 で左 (西) から右側 (東) に○印で示したサイトは、ハンレ(インド)、アリ、ゾゾ丘 ZoZo Hill、シンバ、オマ、ツォチェンである。ツォ

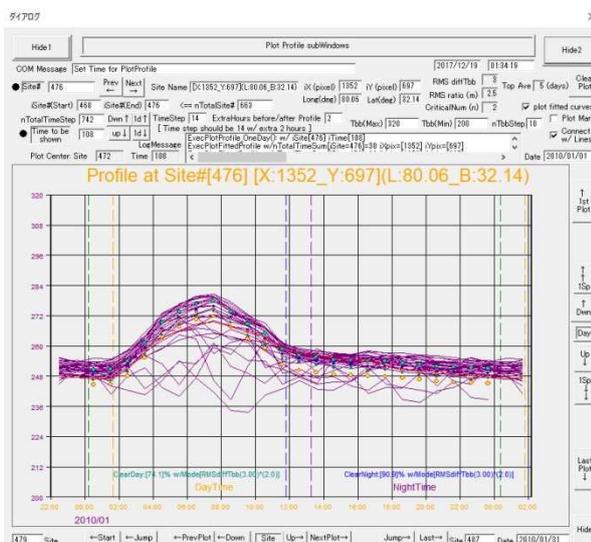


図 4. FY2-D データの時系列分布図

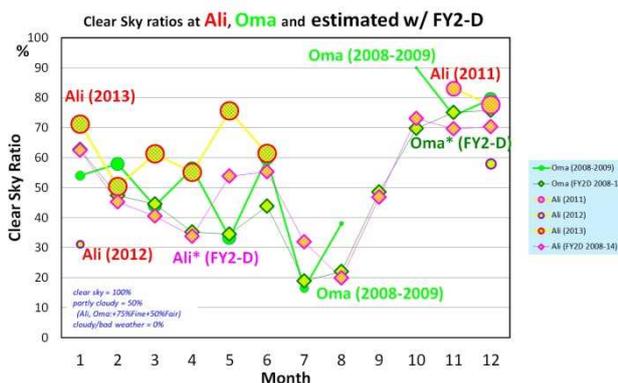


図 5. 雲モニターの晴天率と衛星データでの推定晴天率との比較

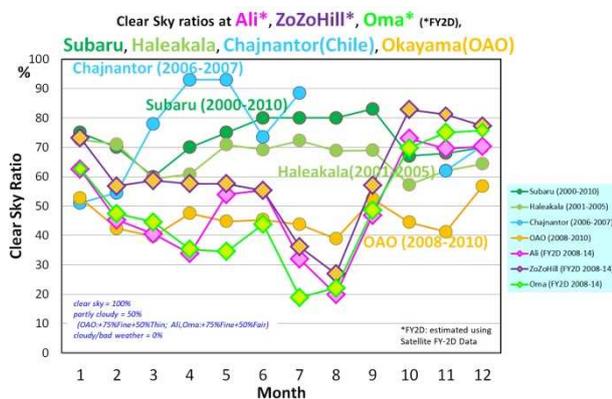


図 6. 衛星データでの推定晴天率と他の望遠鏡サイトとの比較

チェン は Ye ほかにより有力サイトとして推奨されていたサイトであるが春頃の晴天率が ZoZo Hill に比べ劣る。

西チベットの高山山頂では、風速は上空の高風速域に直結するので、風速の強い日時には天体観測にはふさわしくない。一方、盆地状地形は地上風速が穏やかであり、接地境界層によるシーイングが少なく、天体観測環境としては西チベットではふさわしいものと考えられる。

ZoZo Hill は、獅泉河から直線距離 87km にあり、高度 4619m で、周辺を高度 5500m 以上の高山に囲まれた盆地状平坦地にある小丘である。小丘の山頂はマウナケア山頂の 2 倍の面積があり、複数の望遠鏡が設置可能である。また周辺の山まで約 15km 以上(盆地直径 30km) であり、将来の電波干渉系サイトとしても有望であろう。

小丘上での観測環境調査が望まれる。一方、我々が 2013 年からチベット入境できなかつたような政治的不安定さもある。EACOA/EAO としてチベット入境が可能になる政治的裁断も強く望まれる。

サイト調査のメンバーは、三上良孝、大島紀夫(元国立天文台)、吉田道利(現国立天文台)、長山省吾(国立天文台)、中国国家天文台の姚永強、劉立勇、王継昌である。現地調査では、姚さんらに非常にお世話になった。直江寛明さん(気象研)、関口和寛さん、安藤裕康さん、海部宣男さん、劉採品さんにも御支援いただいた。国立天文台で製作した機材が有効に機能している。雲モニター装置は岡田則夫さん(先端技術センター)、微熱乱流計測装置は三上さん、センサー製作は大島さんが担当した。同センサー取り付けには、小矢野久さん(元岡山観測所)に援助して頂いた。

[参考文献] 佐々木敏由紀, 2015, 天文月報, 108, 480

Quan-Zhi Ye, et al., 2016, MNRAS 457, L1-L4.

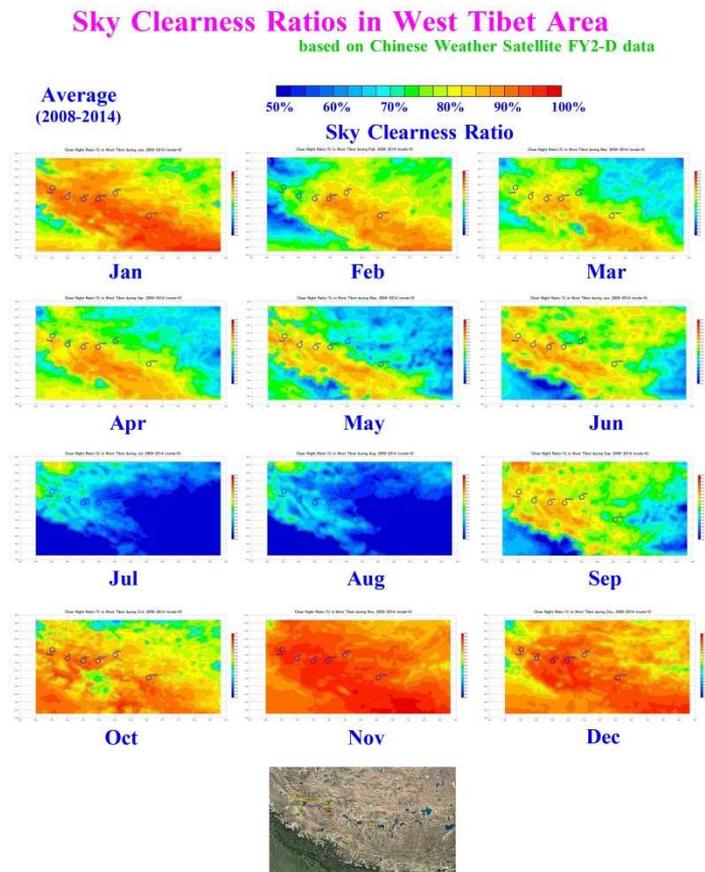


図 7. 2008-2014 の平均から求めた各月の晴天率地上分布