

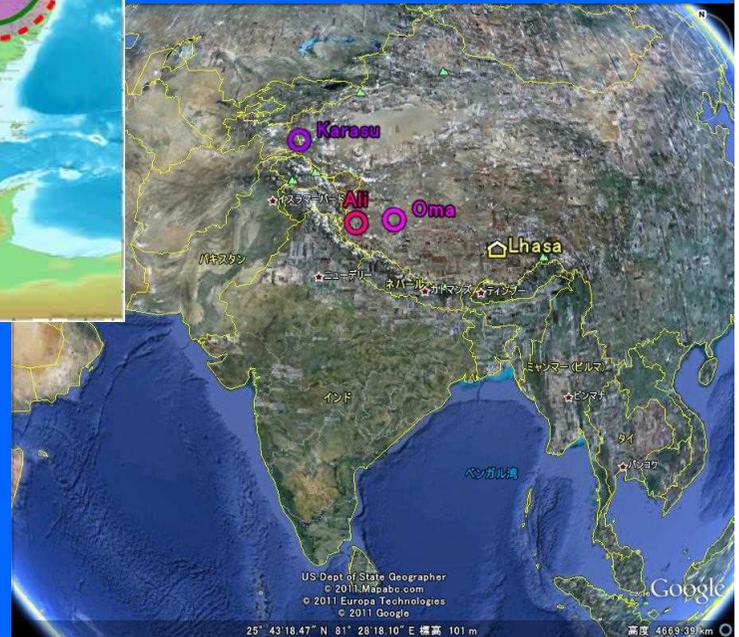
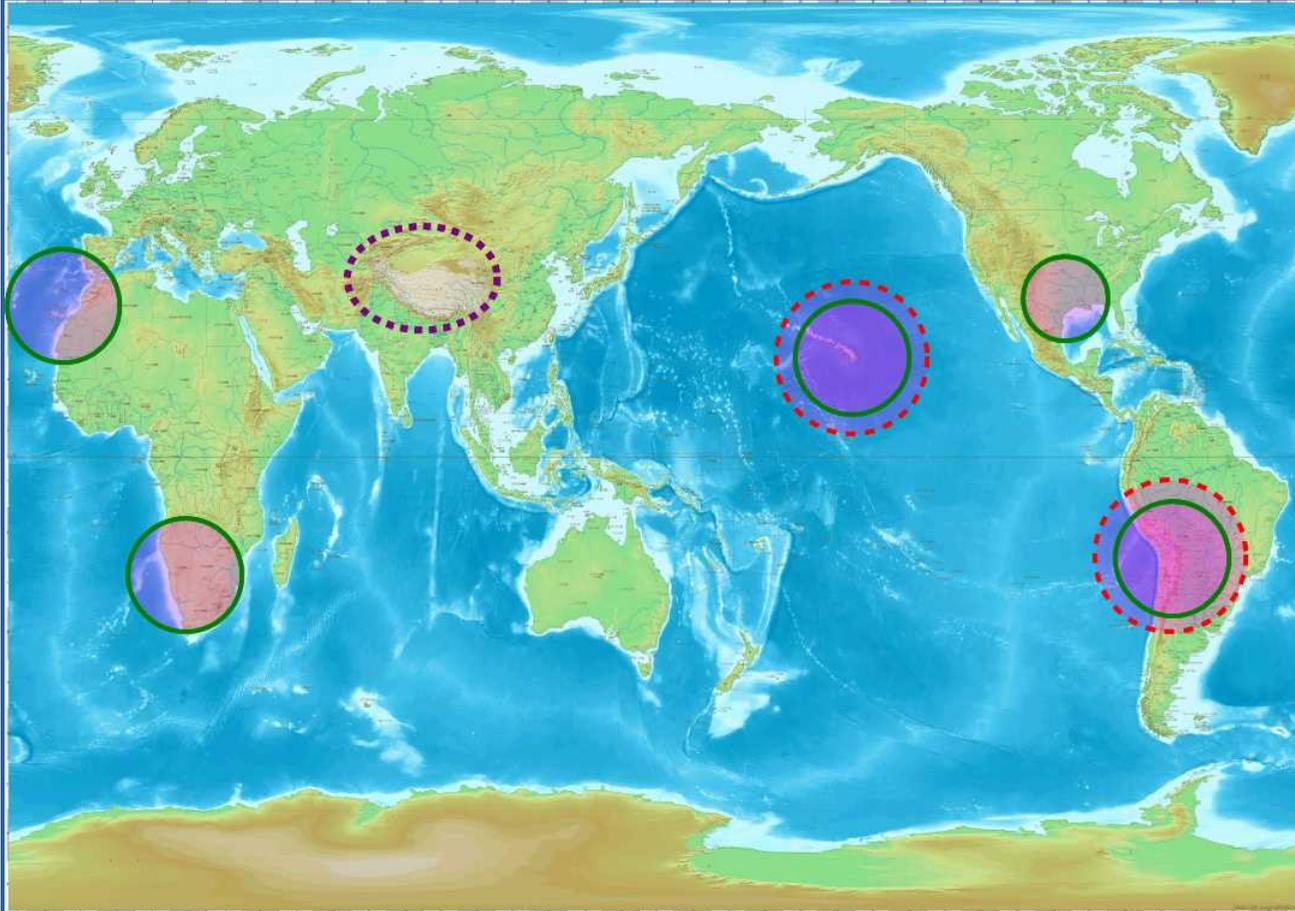
# 中国気象衛星データから探る 西チベットでの天文台サイト探査

佐々木敏由紀(国立天文台)

## 話の概要

- なぜ西チベット天体観測環境調査をするのか  
➡ 汎地球観測網サイトとして有力
- 西チベットの天体観測環境の調査状況  
カラス、オマからアリへ
- 現アリ観測所の評価: 高晴天率、しかし風強し
- 西チベットの広域を気象衛星データから探る  
さらに ZoZo hill へ

# 西チベットは汎地球天体観測網構築の上で 重要な緯度にある



## サイト調査現地の紹介 カラス Karasu / オマ Oma / アリ Ali

中国天文研究者は将来の大型望遠鏡設置向けに最適なサイトを中国国内で調査していました。

サイト探査のために、2007年5-6月に約3週間かけて右図に示したルート5000kmを車で移動しました。

ラサまでは北京からの空路がありました、現在利用可能なアリ空港は建設中でした(2010年運用開始)。

### 位置情報

#### カラス Karasu

38:10:29.3 N, 74:48:08.7 E

4495 m high

#### オマ Oma

32:32:39.8 N, 83:03:22.0 E

5032 m high

#### アリ Ali

32 19 31.72N, 80 01 36.04E

5030 m high



# まずは拉薩(Lhasa)へ



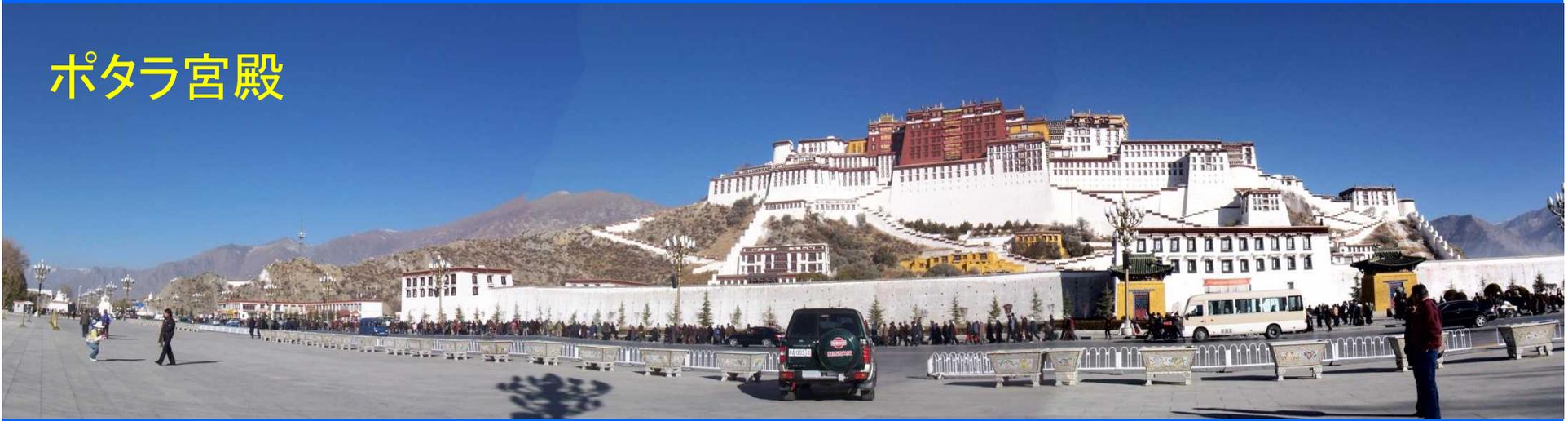
拉薩(Lhasa)空港に到着 2007/05/19  
北京からの直行便もあり(約4時間)



2010/12/30

## 拉薩空港ラウンジ

## ポタラ宮殿



## Station at *Oma*

### *Oma*

32:32:39.8 N

83:03:22.0 E

5032m high

## *Oma*サイトから西側の平原を眺む



## *Oma*サイトの観測小屋 とCT2用40m鉄塔



## CloudMonitor装置



## Station at *Ali*

*Ali*

32 19 31.72N  
80 01 36.04E  
5030 m high



アリ空港 高度4300m(世界3位の高さ)  
(ラサ空港から約2時間30分)

2010年以降利用可能 2011 11 04

# 現在の調査地 **アリ**

アリ空港から車で30分  
ラサ空港から2時間30分

## アリ観測所

標高5060m

## アリ地区中心都市

### 獅泉河

標高4300m

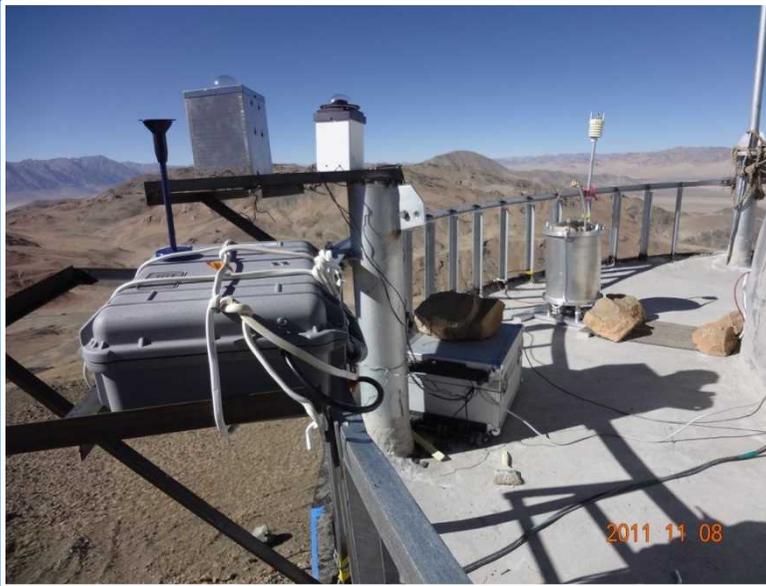
2013/07/01



# Ali に設置したサイト調査機器

Ali

32:19:31.72N  
80:01:36.04E  
5030 m high



↓ ヒマラヤはこれら連山の向こう側

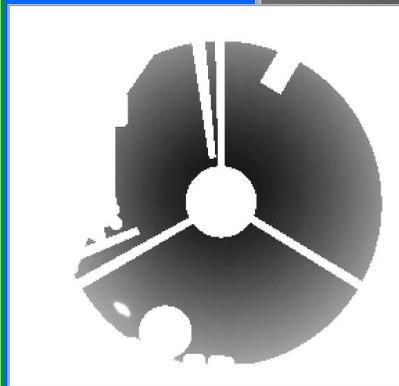
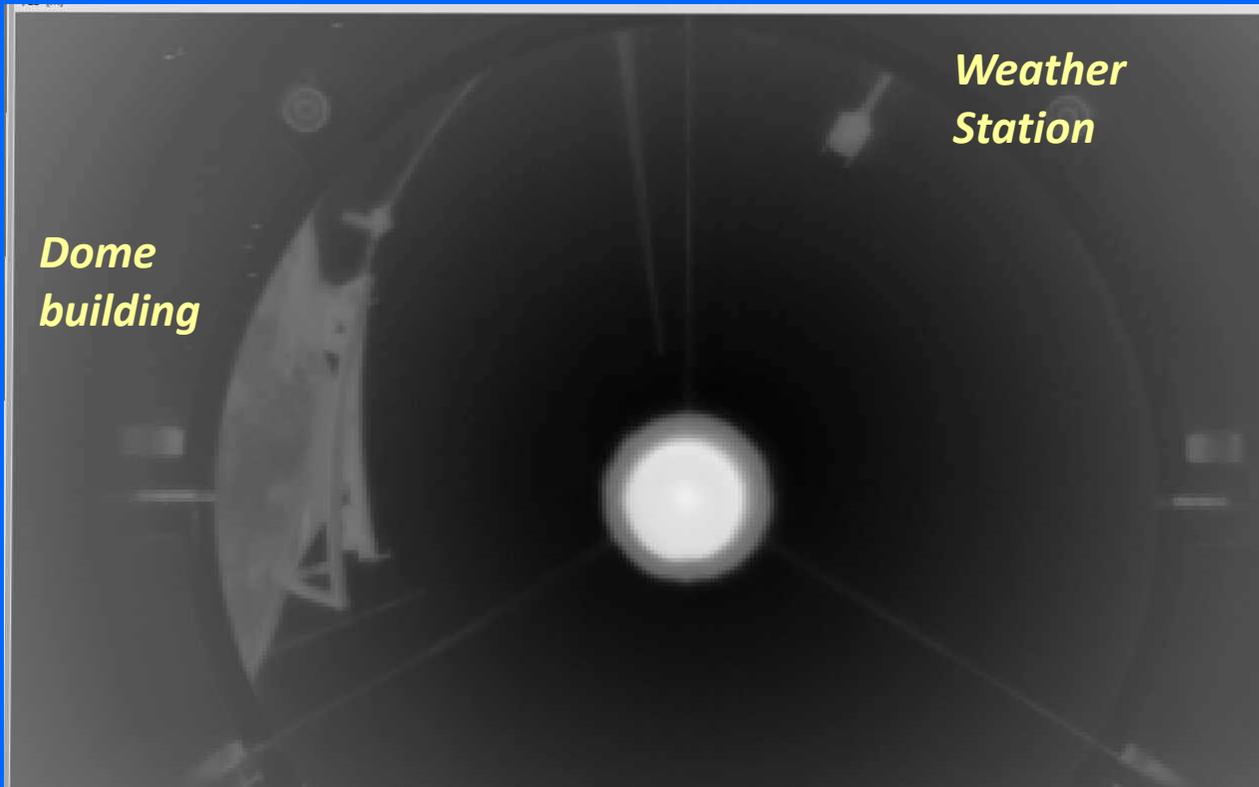
粉塵計 ↑  
DustTrak 8520

雲モニター →  
w/ FLIR A40M MIR camera

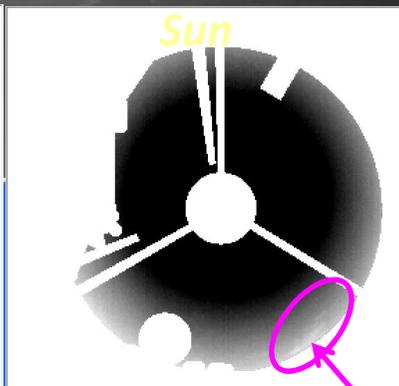
気圧計 Vaisala PB210  
は階下部屋内

気象計  
Vaisala WXT510

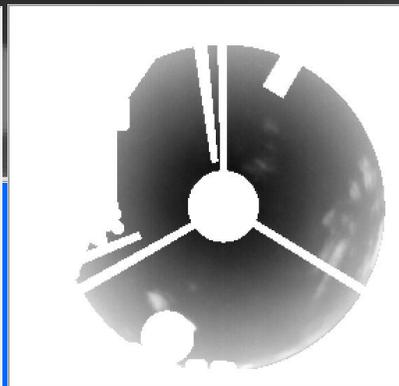
# 晴天評価 を中間赤外線画像から判定



Clear Sky



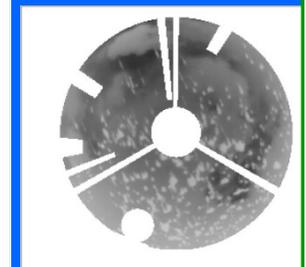
Fine Sky Cloud



Fair Sky



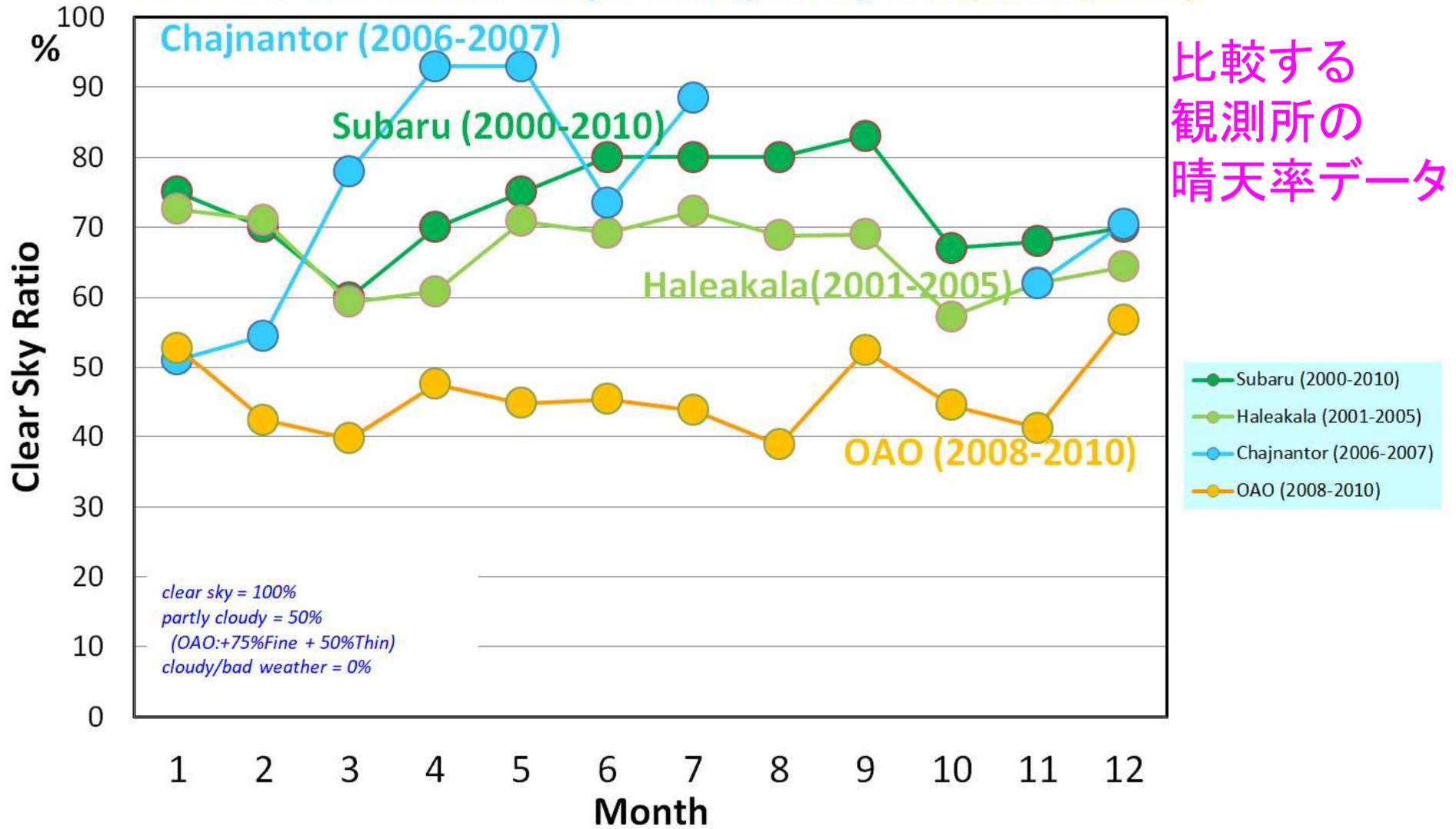
Cloudy Sky



Rainy

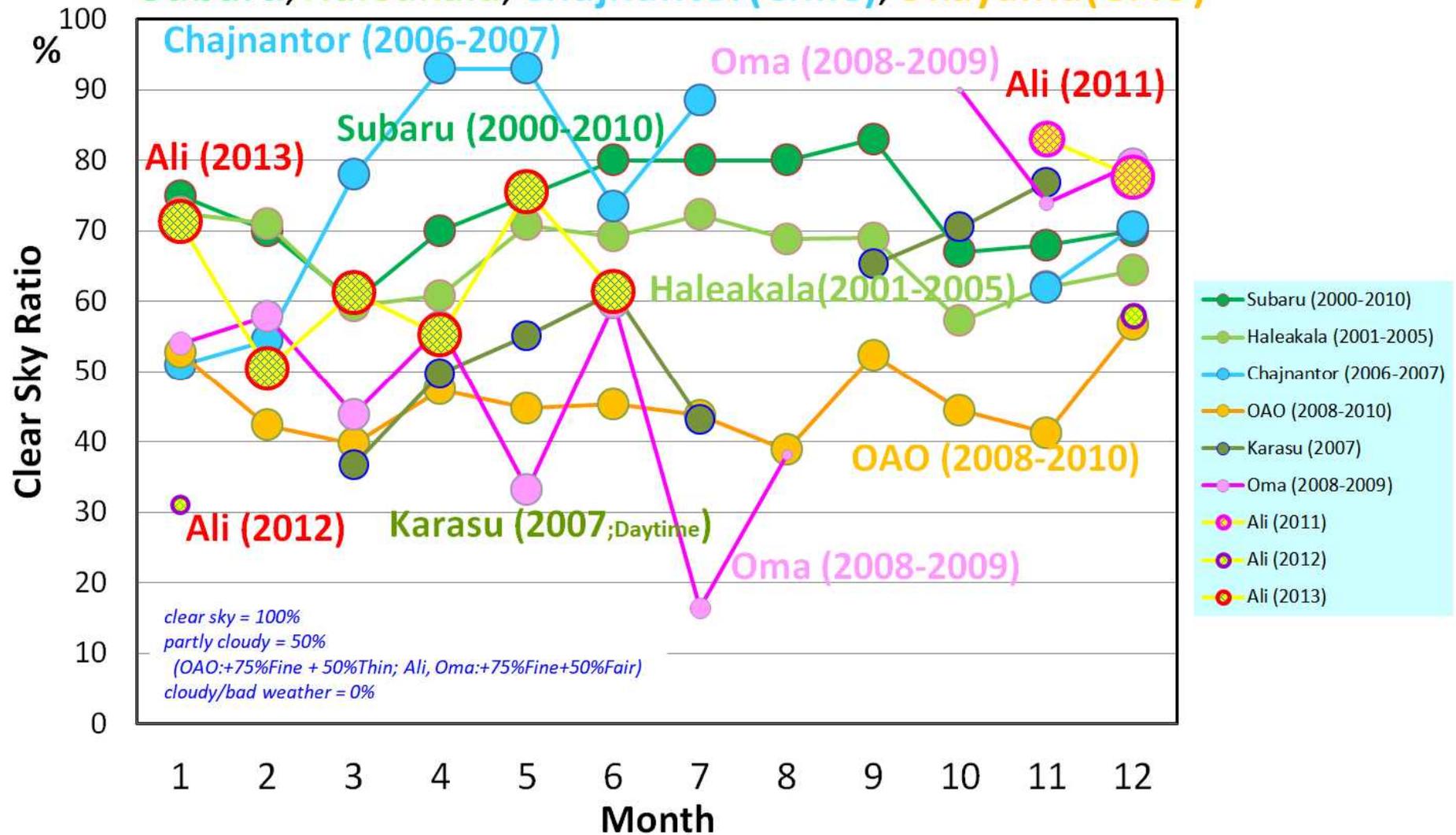


### Clear Sky ratios at Subaru, Haleakala, Chajnantor(Chile), Okayama(OAO)



Subaru : statistics during 2000-2010  
 Haleakala: Saganuma et al. 2007, PASP, 119, 567  
 Chajnantor: Miyata et al., 2008, SPIE, 701243, 1  
 OAO: summary report during 2008-2009

### Clear Sky ratios at **Ali**, **Oma**, **Karasu**, **Subaru**, **Haleakala**, **Chajnantor(Chile)**, **Okayama(OAO)**

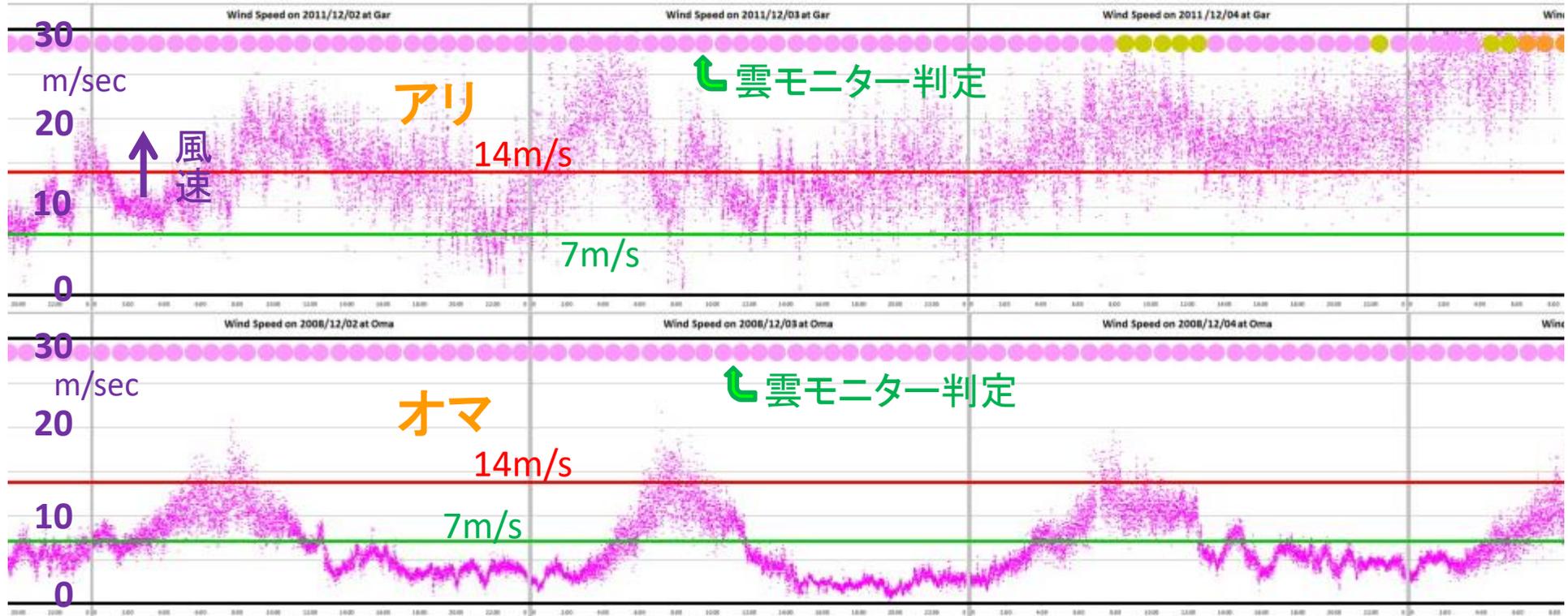
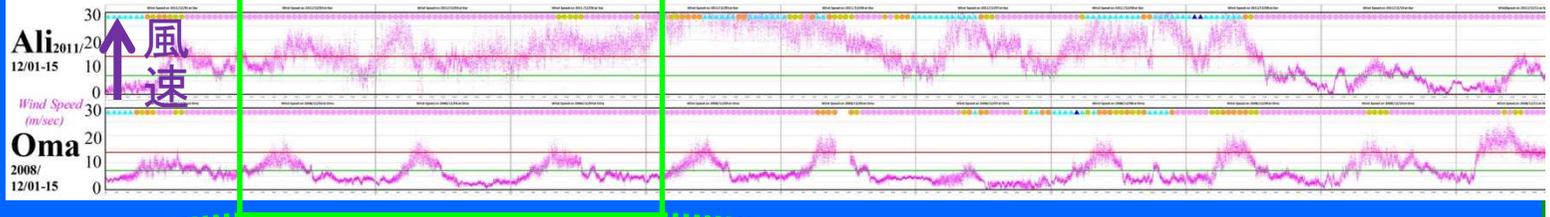


オマ、アリでの晴天率は、冬期にはマウナケアに匹敵する。

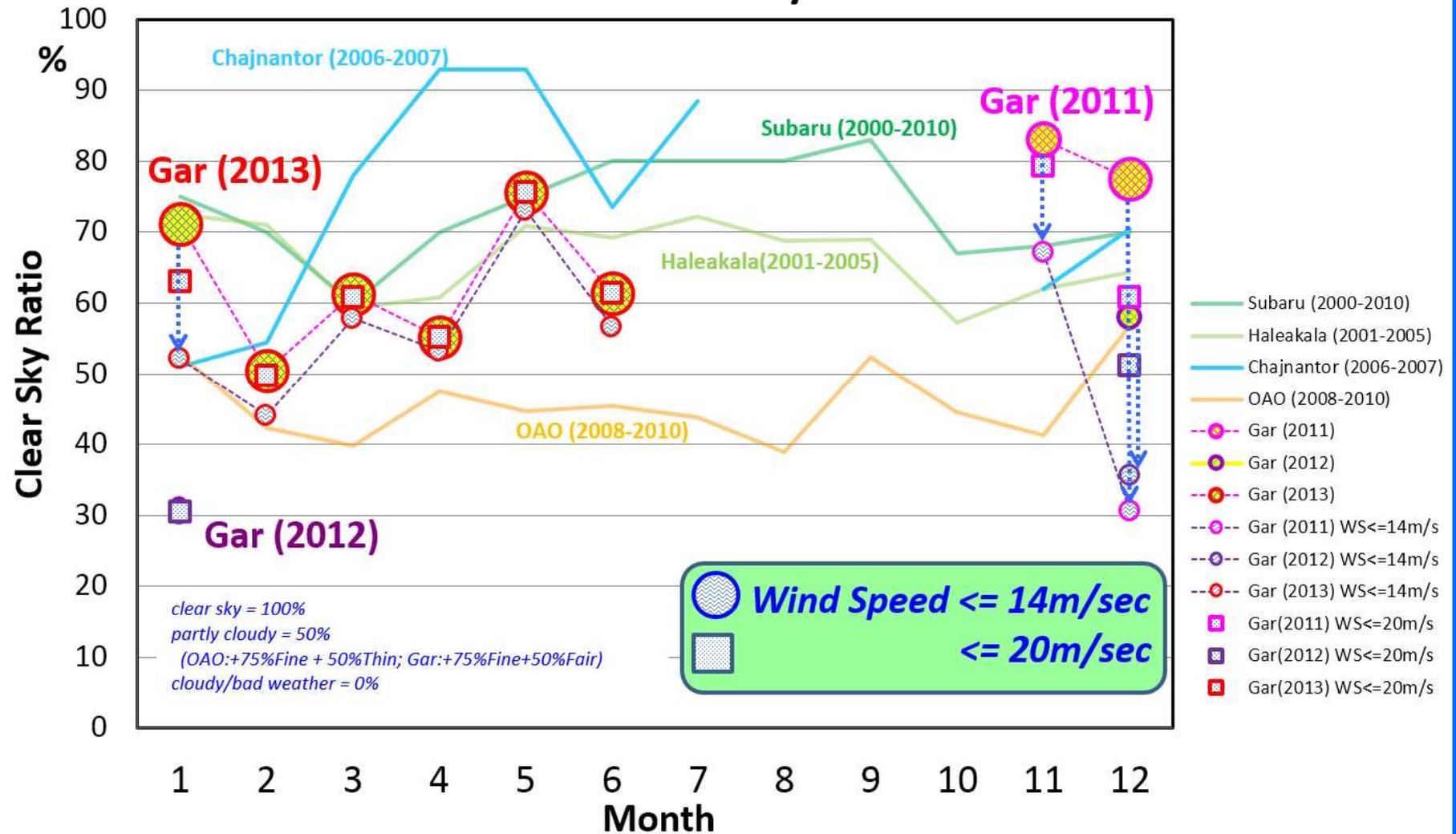
# Gar/Ali Evaluation matters

(難点) アリでは冬期には晴天であっても強風の場合が多い  
- 2012年11月-1月 Dec-Jan, 2013年12月-1月

- Clear Sky w/ NO any cloud
- Fine Sky w/ occasional tiny clouds
- Fare Sky w/ small clouds
- ▲ Cloudy
- ▲ Heavily Cloudy
- Rainy
- ⊗ Iced Camera Viewer



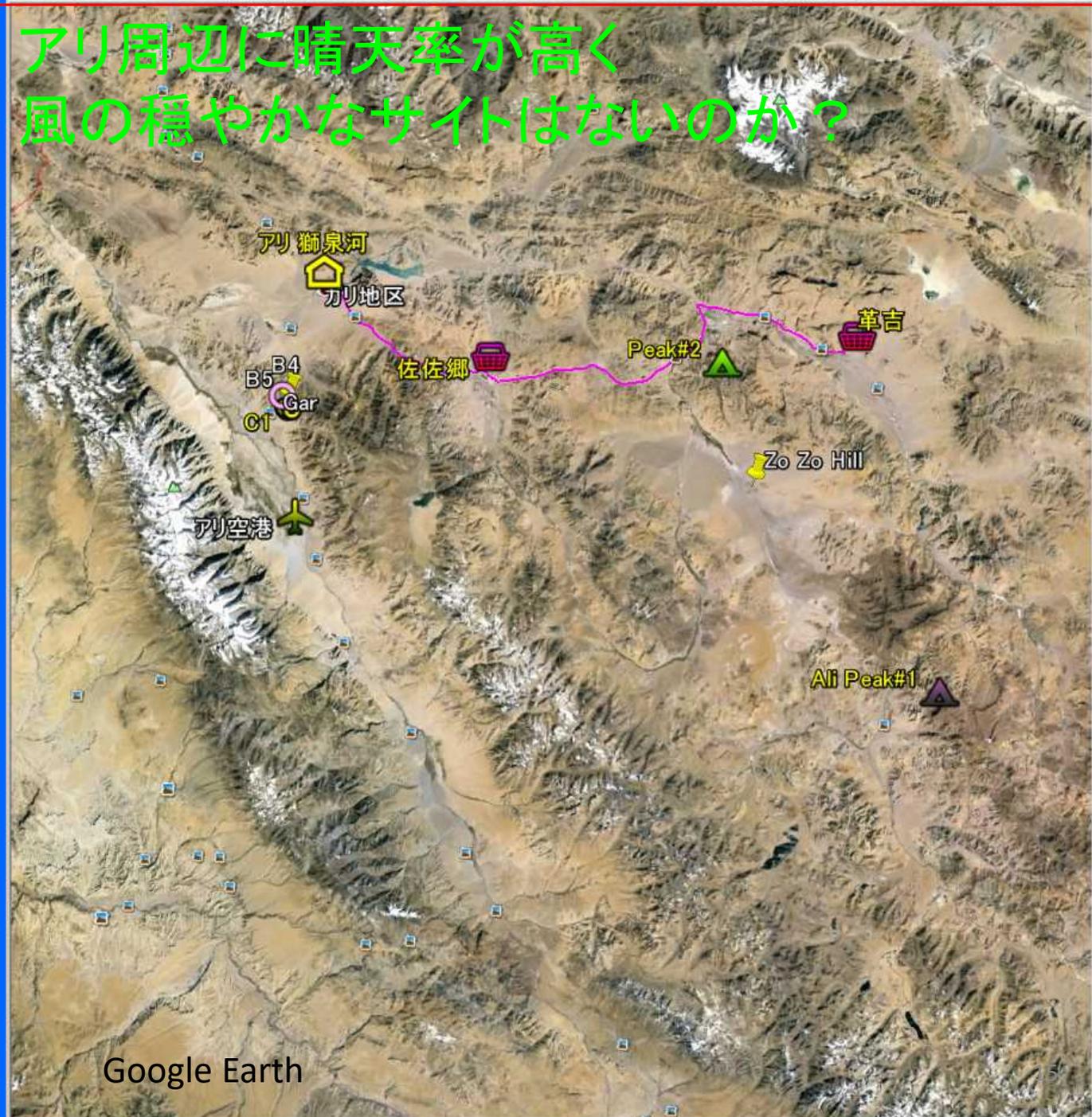
# Wind effect on Clear Sky ratio at Gar



(注意) すばる望遠鏡では7m/sが通常観測、14m/sでは観測注意で、14m/s以上では観測中止。

# アリ周辺に晴天率が高く 風の穏やかなサイトはないのか？

可能性のあるサイト  
Zo Zo Hill ゾゾ(左左)  
32° 10'32.36"N  
80° 56'22.59"E  
4619m  
獅泉河から  
直線距離87km



Google Earth

# アリ周辺に晴天率が高く風の穏やかな サイトはないのか？

可能性のあるサイト、ゾゾ丘 (ZoZo Hill) について

気象研での数値シミュレーション

## 位置情報

### アリ Ali

32 19 31.72N

80 01 36.04E

5030 m high

### Zo Zo Hill ゾゾ(左左)

32° 10'32.36"N

80° 56'22.59"E

4619m

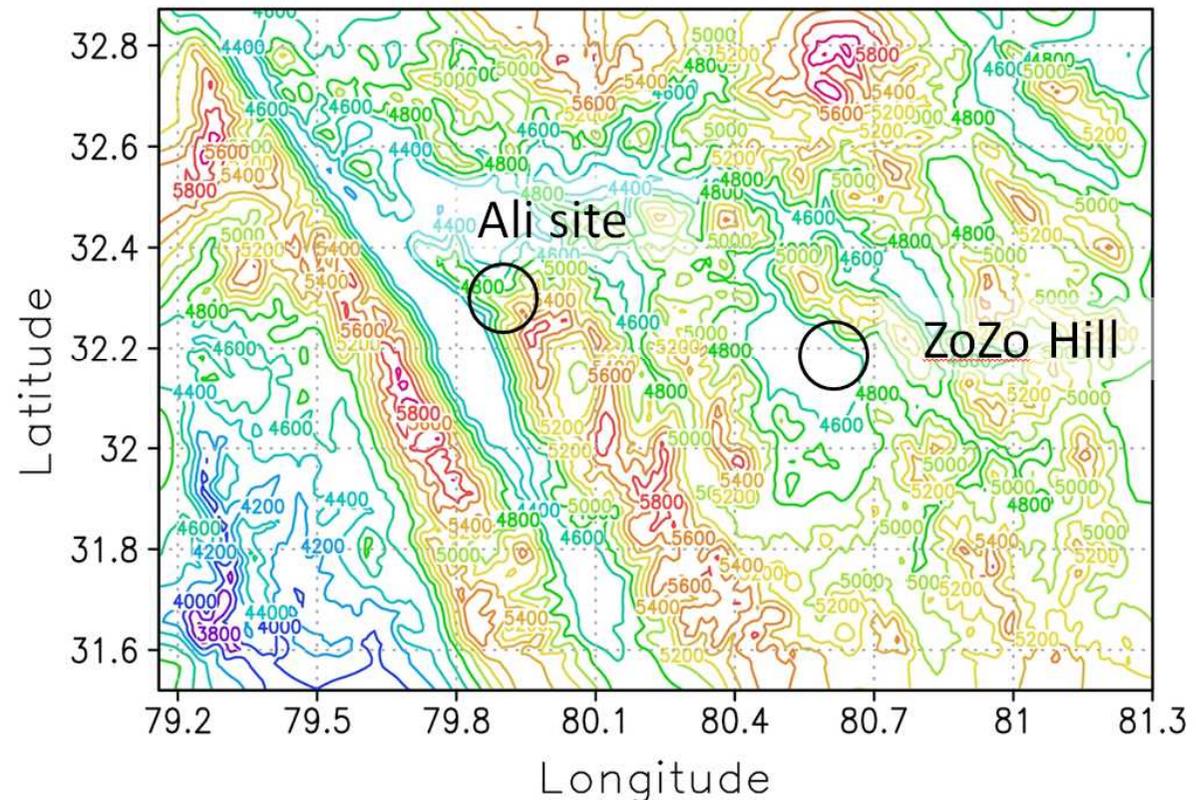
Sasaki et al., 2014,  
天文学会@山形  
で報告

## モデルの地形

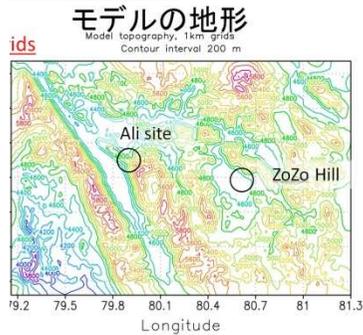
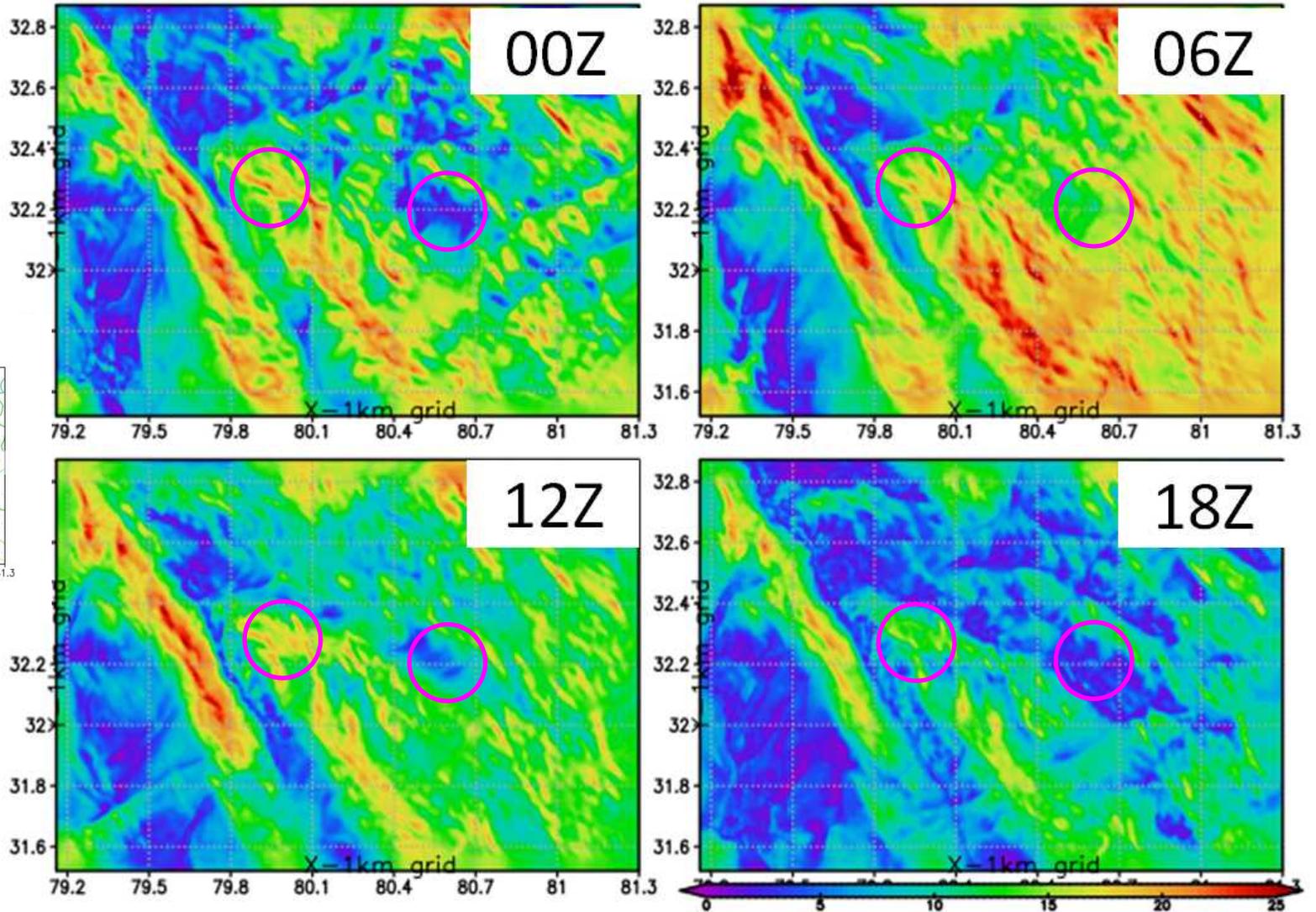
Model topography, 1km grids

Contour interval 200 m

1km grids



# 2012/12/14 地表面の風(10m-U)



# アリ周辺に晴天率が高く風の穏やかな サイトはないのか？

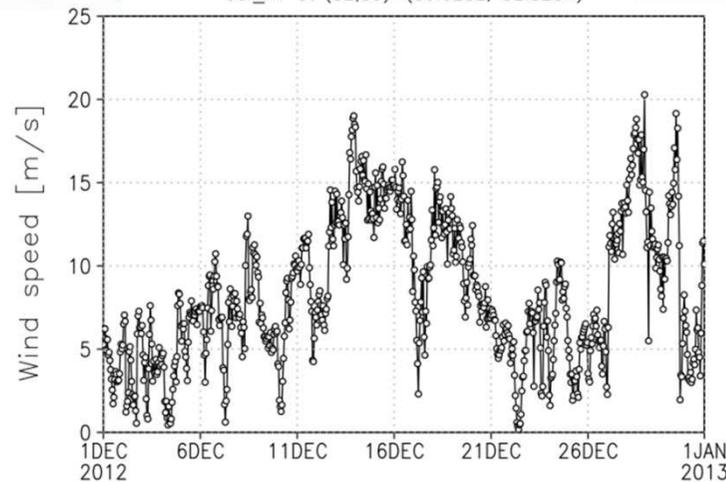
可能性のあるサイト、ゾゾ丘 (ZoZo Hill) について  
気象研での数値シミュレーション

Gar\_A1 (5034m, 80.028E, 32.328N)の時系列

1km grids

2012/12/1-1/1, 10-m Wind  
Gar\_A1 at (82,89)=(80.028E, 32.328N)

Dec2012

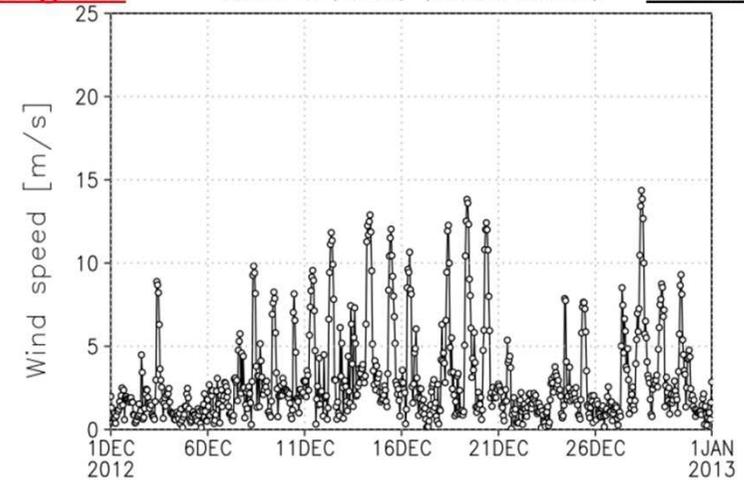


ZoZo Hill (4619m, 80.939E, 32.178N)の時系列

1km grids

2012/12/1-1/1, 10-m Wind  
ZoZoHill at (167,73)=(80.939E, 32.178N)

Dec2012



2012年12月

# 気象衛星データ を用いた サイト探査

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

Climate Forecast System (CFS) /  
National Centers for  
Environmental Prediction  
(NCEP)

Data : 6 h average ,  
Resol: 0.3° (~30 km )  
→ 31年間平均

ここからが  
新規報告です。

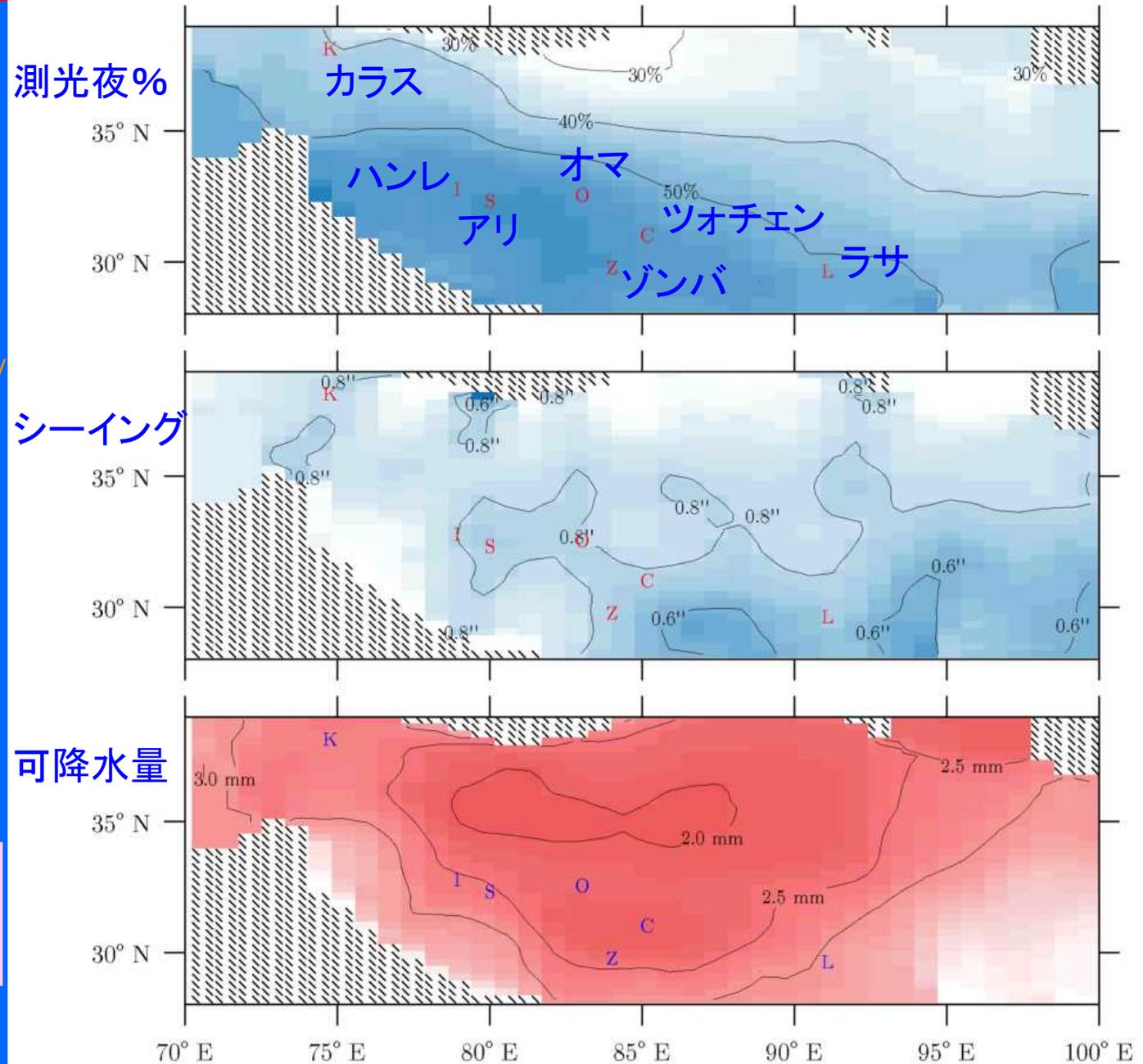


Figure 2. CFSR's 31 yr percentage of photometric night, atmospheric seeing and PWV across the Tibetan Plateau. Astronomical observatories, site testing monitoring posts and major inhabited settlements are marked: K – Kalasu, I – Indian Astronomical Observatory (Hanle), S – Shiquanhe Observatory, O – Oma, Z – Zhongba, C – Coqên, L – Lhasa.

# 中国衛星FY2-Dデータ による西チベットでの 推定晴天率

風雲 (Fengyun 略: FY)

千葉大学環境リモート  
センシング研究センター

<http://www.cr.chiba-u.jp/>



wget



decompress



FITS 変換

FY Spec

L: 44.62E- 164.58E

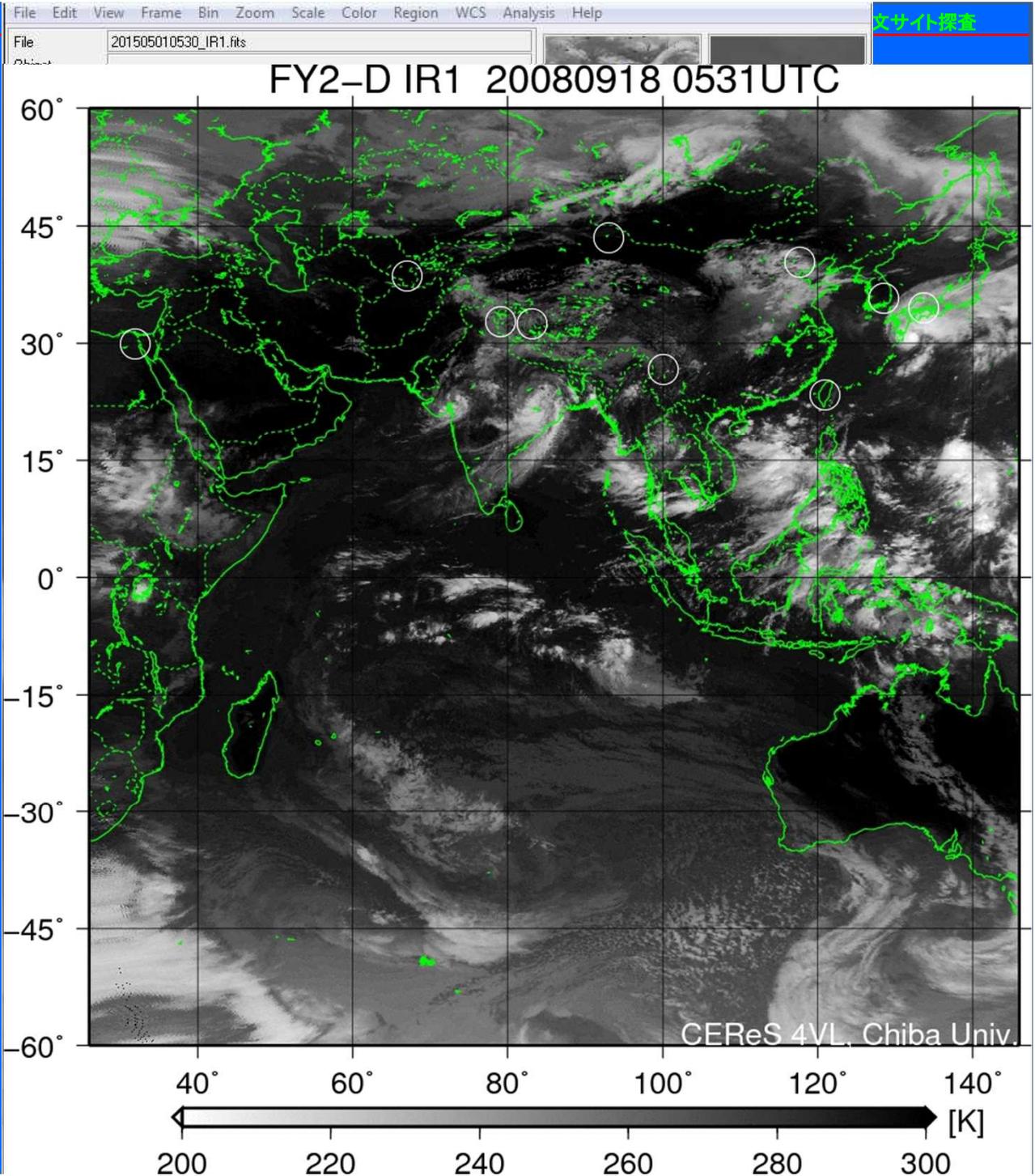
B: 59.98N- 59.98S

Resol: 0.04 degree (4km)

Every 1 hour

可視x1、赤外x4

(右図は IR1 10μ帯)

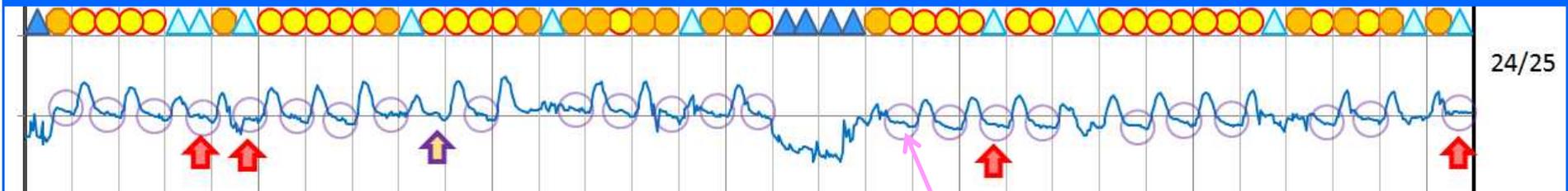


# 衛星データの時系列赤外線強度と雲モニター晴天判定の比較

アリ

Gar\_201301.jpg

雲モニター判定 (昼、夜)



24/25

2013年1月

○衛星データから個別に晴天と判定

Gar\_201302.jpg

雲モニター判定 (昼、夜)



15/17

2013年2月

# 中国衛星FY2-Dデータによる西チベットでの推定晴天率

千葉大学環境リモート  
センシング研究センター

<http://www.cr.chiba-u.jp/>



各サイト位置での時系列データ取得

Analysis Satellite Daily Data to Get Clearness Ratio Ver 2017.10.17

Current Clock (UT) 2017/12/19 01:36:18 Date/Start 2010/01/01 10:36:18 Date#1 2010/01/01 11

Editor [C:\App\I\Editor\xyzyzy\xyzy.exe] (Tokyo)

Satellite Profile Data File D:\01\SatelliteData\FY2\_Chiba\FY2-D\Site\_CSW4L78\_84\_B317\_332\FY2\_201001\_IR1.csv Dir

Status on Get File Info : Done to Get File Info.

File Size 37505066 nLines in the File 761 Line Length (bytes) 39

Current Byte in File 37504305 Line# 761 Bytes in Line 49283

nColRead 5 Stop Reading File

Reading Start at 01:21:16 (UT) --> End at 01:22:33 (UT)

TotalSiteNumber 663 Current Time Series 742 (nTotalTimeStep) 31 days

[Site: X:1313.1451=139, Y:663.738=76 => 139\*76=10564, /4=2641, /16=660]

XStart(pixel) 1301 YStart(pixel) 670 LStart(deg) 78 BStart(deg) 31.7

XEnd(pixel) 1451 YEnd(pixel) 708 LEnd(deg) 84 BEnd(deg) 33.2

XStep(pixel) 3 YStep(pixel) 3 LStep(deg) 0.12 BStep(deg) 0.12

XSum(pixel) 3 YSum(pixel) 3 LSum(deg) 0.12 BSum(deg) 0.12

nTotalStep 663 nTotalStep2 663

Date Hour Min Day/Night SiteName#1 [D:\1403\_Y:685][L82.10\_B32.61] : iSite#[289] Tbb(IR)1#1 247.43

2010/01/31 23 31 Night SiteName#2 [D:\1409\_Y:688][L82.34\_B32.50] : iSite#[342] Tbb(IR)1#2 247.09

SiteName#3 [D:\1365\_Y:682][L80.18\_B32.74] : iSite#[222] Tbb(IR)1#3 248.98

Operations

Open Write Profile to File Site# ALL

Directory : D:\01\SatelliteData\FY2\_Chiba\FY2-D\Site\_CSW4L78\_84\_B317\_332\CleardayNight Dir

Filename coding: FY2\_201601\_Site\_yyyymmdd\_hhmmss.txt

Draw Profiles in Sub-Windows

plot curves monthly

Fit Profile using Analysis Function

RMS diffTbb 3 Site# 476

RMS ratio 2.5 SiteX 91 SiteY 12

Top Ave 5 (days) Time to be shown 108 0 days ExtraHours before/after Profile

CriticalNum (n) 2 Tbb (max) deak 320

plot fitted curves dump aTbb at iSite #476 Tbb (min) deak 200

save Fittedcurves in File nTbbStep 10

End Of Operation

D:\%L78\_84\_B317\_332\CleardayNight\FY2\_201001\_IR1\_FittedCurves.csv Dir

01:33:17: Line#1226: ReceiveData(): set Plot Profile Parameters to be registered.

01:33:17: Line#1424: ReceiveData(): set Plot Profile Monthly w/ iSite[476] & iTimeStepToShow[108]

01:33:17: Line#4607: OnBnClickedBtAppearPlotProfileSubWindows(): show PlotProfile SubWindows.

01:33:17: Line#4607: OnBnClickedBtAppearPlotProfileSubWindows(): show PlotProfile SubWindows.

01:33:17: Line#9882: SelectPlotOnMultiProfile(): m\_iTimeStepToShow[108] => dSite[9] starting 1

01:33:17: Line#9882: SelectPlotOnMultiProfile(): m\_iTimeStepToShow[108] => days[5] starting 1

01:33:17: Line#1226: ReceiveData(): set Plot Profile Parameters to be registered.

01:33:17: Line#1424: ReceiveData(): set Plot Profile Monthly w/ iSite[476] & iTimeStepToShow[108]

01:33:17: Line#2336: TransferProfileDataToSubWindows(): to plot profiles [01:33:17]

01:33:16: Line#4447: OnBnStlLn\_Next() MultiPlot[59]=159 m\_iTimeStepToShow[108]/108 m\_SiteNumber[476]/472 m\_DrawProfiles[1]

01:33:14: Line#1226: ReceiveData(): set Plot Profile Parameters to be registered.

Date/End Long 79.09

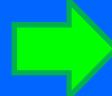
2010/01/31 Lat 32.14

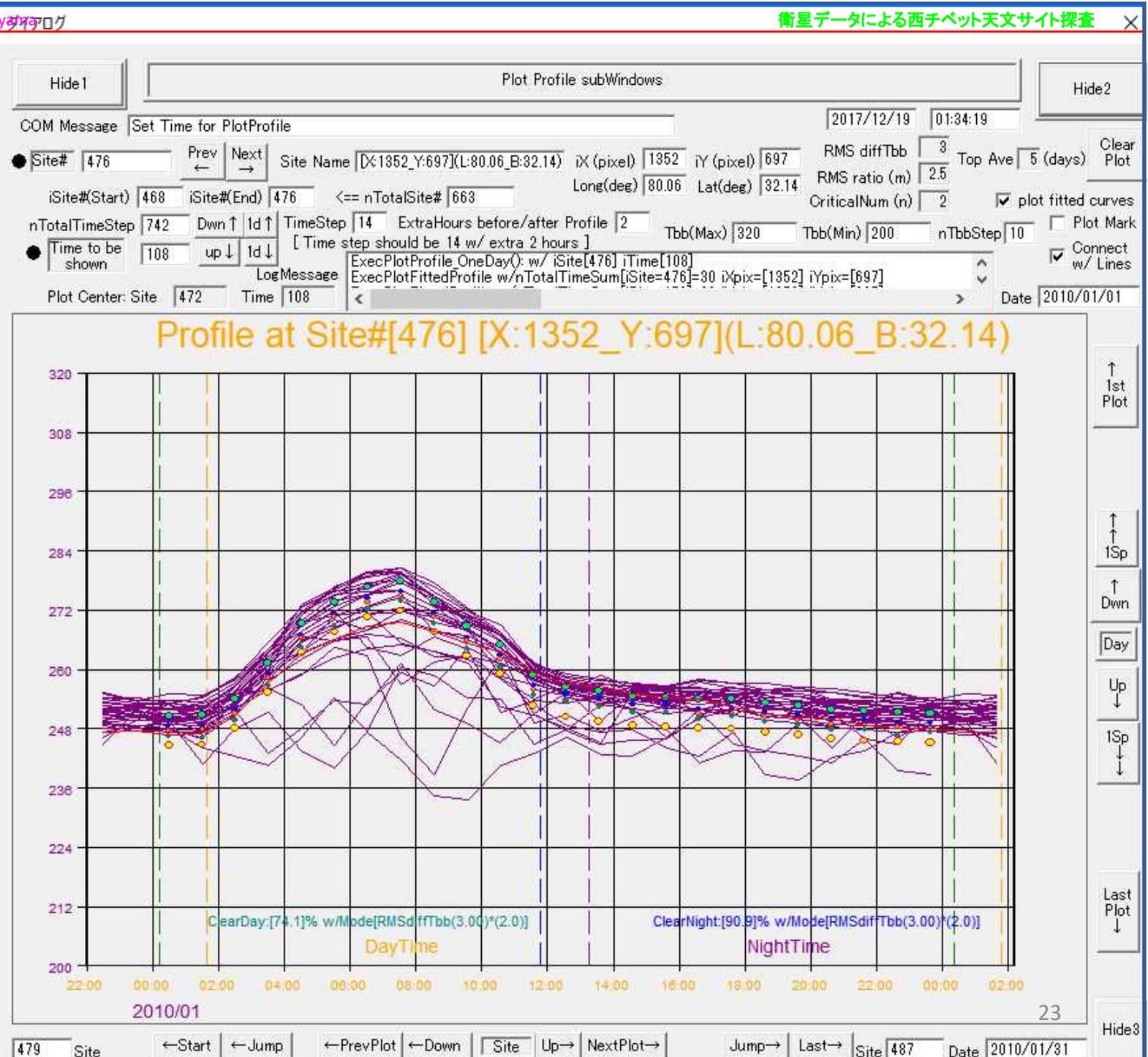
Plot Center : Site 472 (36.30) Time 108 5 days Last Lat 32.14

Sites in X-Row 51 Sites in Y-Row 13

中国衛星FY2-D  
データによる  
西チベットでの  
推定晴天率

各位置での  
時系列データ  
取得(UT0h-24h)

アリ   
2010/01



# 中国衛星FY2-Dデータ による西チベットでの 推定晴天率

2008-2014の平均



青丸は西(左側)から  
ハンレ(インド) Hanle、  
アリ Ali、  
ゾゾ丘 ZoZo Hill、  
シンバ Xungba、  
オマ Oma  
ツォチェン Coqen

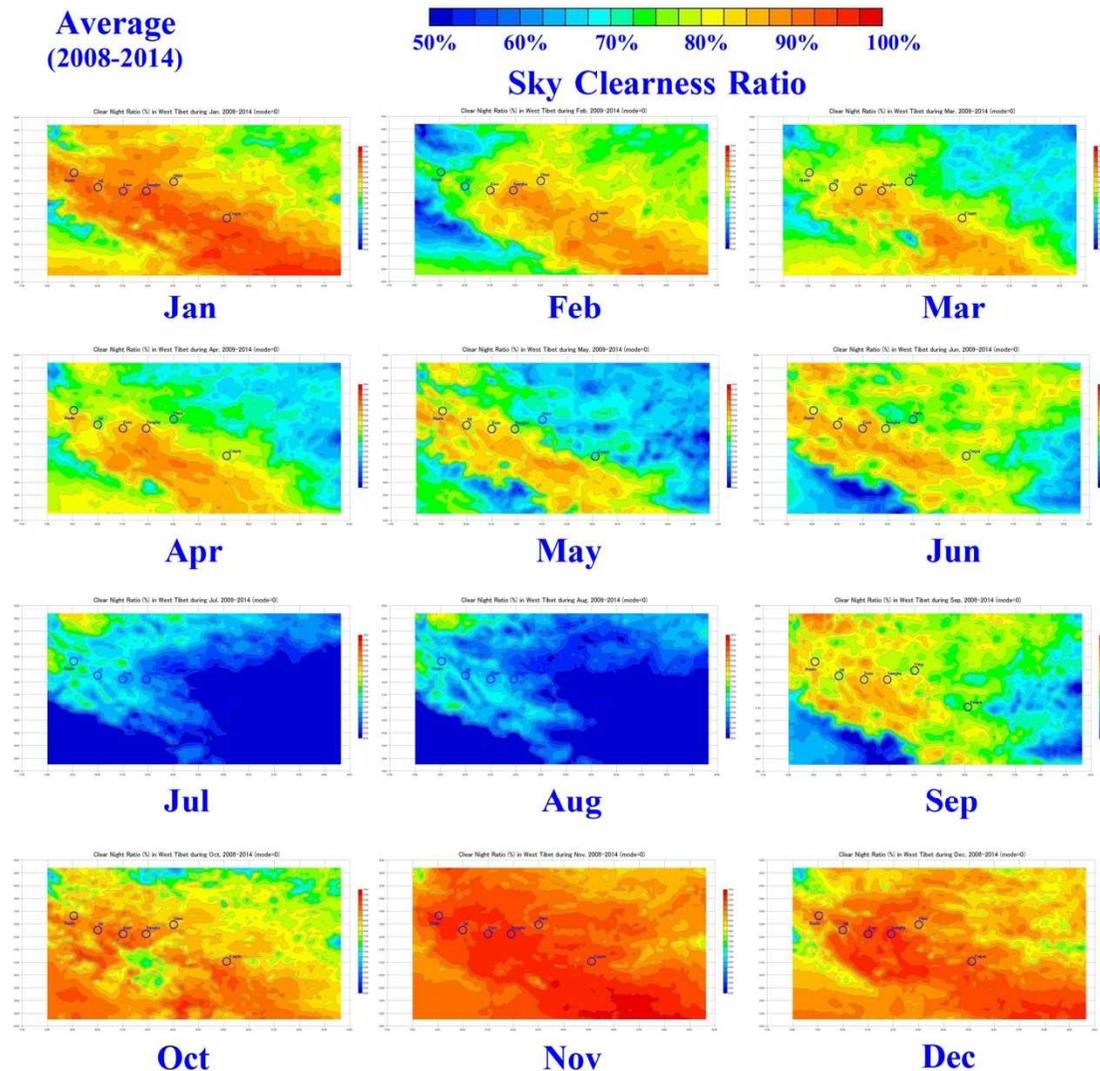
L = 78.0 - 89.64

B = 28.76 - 34.7

Resol=0.12° (~12km)

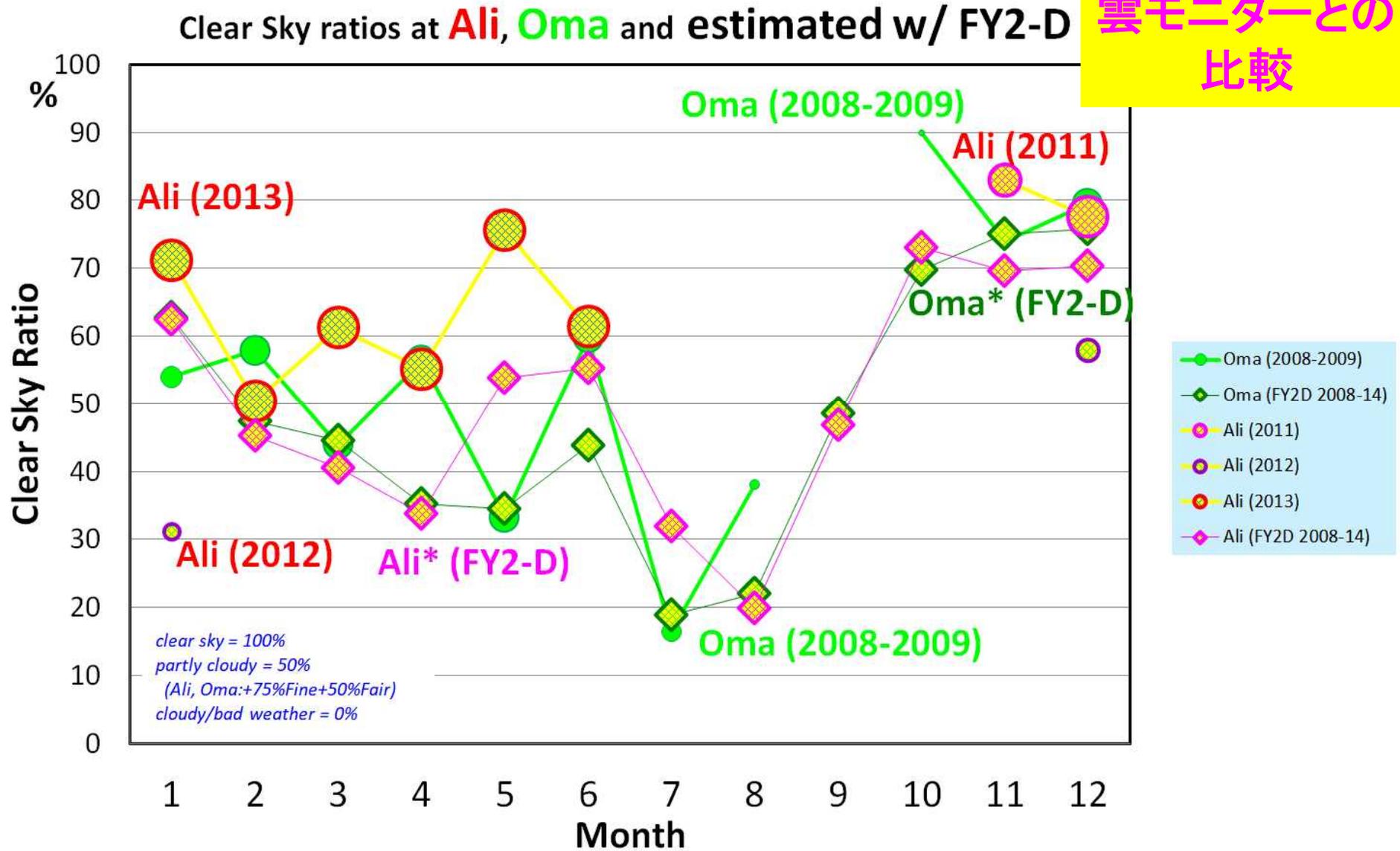
→ 2008-2014の月毎の平均

## Sky Clearness Ratios in West Tibet Area based on Chinese Weather Satellite FY2-D data



# 中国衛星FY2-Dデータによる西チベットでの推定晴天率

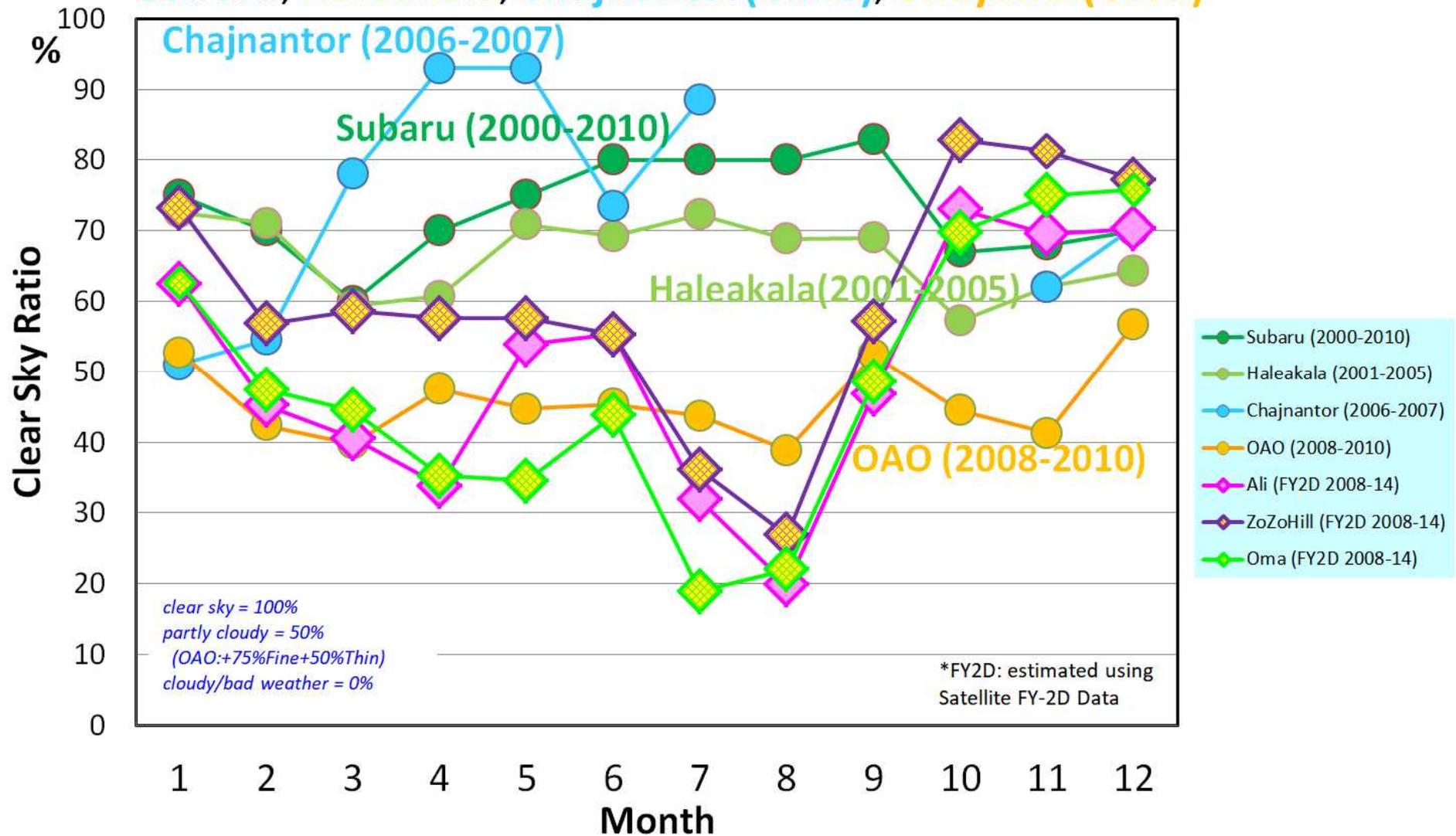
雲モニターとの比較



# 中国衛星FY2-Dデータによる西チベットでの推定晴天率

Clear Sky ratios at **Ali\***, **ZoZoHill\***, **Oma\*** (\*FY2D),

**Subaru**, **Haleakala**, **Chajnantor(Chile)**, **Okayama(OAO)**



# ZoZo Hill はどんな所？

可能性のあるサイト  
Zo Zo Hill ゾゾ(左左)  
32° 10'32.36"N  
80° 56'22.59"E  
4619m  
獅泉河から  
直線距離87km



# アリ周辺に晴天率が高く風の穏やかなサイトはないのか？

## 可能性のあるサイト

### Zo Zo Hill ソゾ(左左)

- 32° 10'32.36"N
- 80° 56'22.59"E
- ・高度 4619m
- ・獅泉河から  
直線距離87km
- ・盆地状平坦地にある小丘  
(周辺より90m高)
- ・周辺の山まで約15km以上
- ・山頂はマウナケア山頂の  
2倍の面積



West 獅泉河 Shiquanhe North East South West



# ZoZo Hill とマウナケア山頂の比較

(Google Earth より)



マウナケア山頂

## ZoZo Hill

(左図マウナケア山頂図と同一スケール)



# 日中共同のサイト調査の経緯とまとめ

- 1) 中国西部域のサイト調査は、姚永強教授を中心に2003年から始まった。  
新疆ウイグルのカラス(Karasu)と西チベットのオマ(Oma)、アリ(Ali)
- 2) ラサで2004年に開かれたサイト調査WSに日本人研究者数名が参加し、  
サイト調査を共同で実行する提案が姚永強教授から持ちかけられた。  
日本側は対応して、10 $\mu$ m帯中間赤外線カメラを用いた全天雲モニタ装置、  
接地境界層微熱乱流計測装置(C<sub>T</sub><sup>2</sup> sensors)、気象計測装置を2007年に  
設置した。
- 3) オマ、アリでの晴天率は冬期にはマウナケアに匹敵することが示された。  
夏期は良くなく、日本並みである。
- 4) ~~C<sub>T</sub><sup>2</sup>計測に基づく接地境界層のシーイング量は地表高36mまでで0.1 arcsec  
であった(オマ、Nov. 2008)。中国側はDIMM/MASS/(SNODAR)を用いたシーイ  
ング評価を断続的に実施している。(今回は省略)~~
- 5) 現サイトのアリは晴天率は高いが、
  - 1) 強風環境である(特に冬期)、
  - 2) 中心都市獅泉河が直視できる、ので天体観測サイトとして不適當(との私の結論)。
- 6) 気象研との共同でアリ周辺の風速環境を調査した。
- 7) アリ周辺の西チベットで晴天率、風速環境(シーイング状況)の良いサイトを選定す  
るための一歩として、公開されている中国気象衛星FY2-Dデータを用いて西チベット  
で晴天率を推定した。➡ アリ東方に有力なサイト、ZoZo Hill, がありそうである。