

気象研究所における放射観測に関する取り組み  
(気候研究部第3研究室で使用した放射計と校正)

内山明博

(気象庁気象研究所気候研究部)

# 使用した放射計(赤外～可視域)

- 多波長雲分光日射計(MCP)
  - 全天日射計
  - 直達日射計
  - 赤外放射計
  - サンフォトメーター(1)(直達分光日射計)
  - サンフォトメーター(2)(直達分光日射計)
  - 全天分光日射計
  - スカイラジメーター
  - フーリエ変換型分光器(赤外～近赤外)
  - 赤外放射温度計
- 反射率  
日射量  
直達日射量  
赤外放射量  
太陽直達分光日射  
太陽直達分光日射  
分光日射量(相対値)  
太陽直達光分光日射、  
天空輝度  
天頂からの赤外放射輝度  
10 $\mu$ m放射

# 多波長雲分光日射計(MCP)

- 反射率(2台対で測定)
- 波長: 420,500,675,760,862,983,1050,1225,1650nm
- 相対比較のみ
- cosine応答特性のデータ必要

# 直達日射計

- 直達日射量
- 波長:0.2~4 $\mu$ m
- 気象庁のWMO地区準器との比較(1月筑波山)  
(気象庁内の測器検定またはWMO地区比較に参加)  
==> 作業用準器とする
- 気象研構内で作業用準器と他の直達日射計を比較
- 温度特性考慮  
(測器試験検定センターの温度特性測定装置を借用)

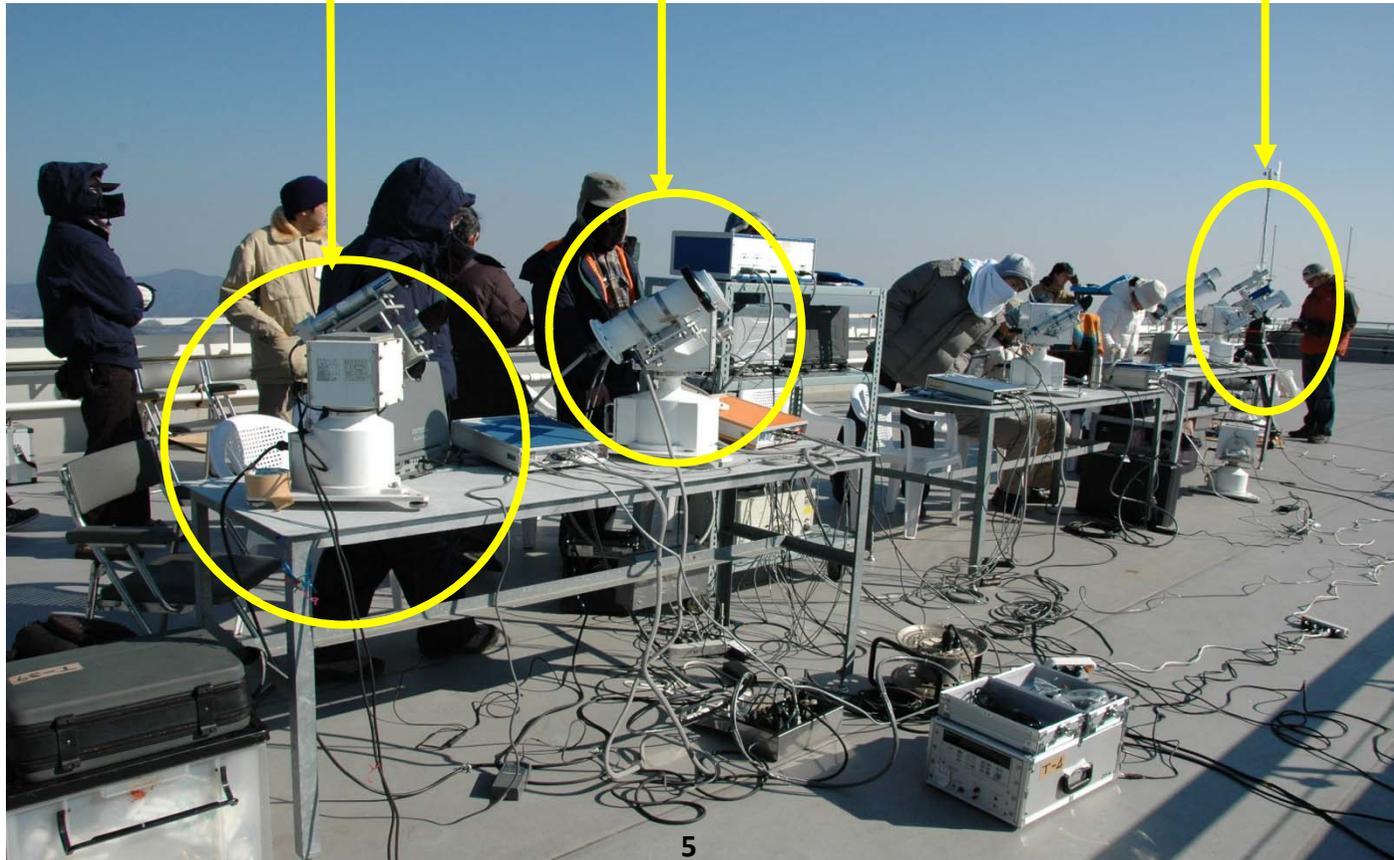
(注)気象庁のWMO地区準器は、世界放射センター(WRC、Davos)で4年毎に比較

# 筑波山国際比較(2007年1月～2月)

WMO地区準器(気象庁)

気象研/GEOS-5-SKYNET準器

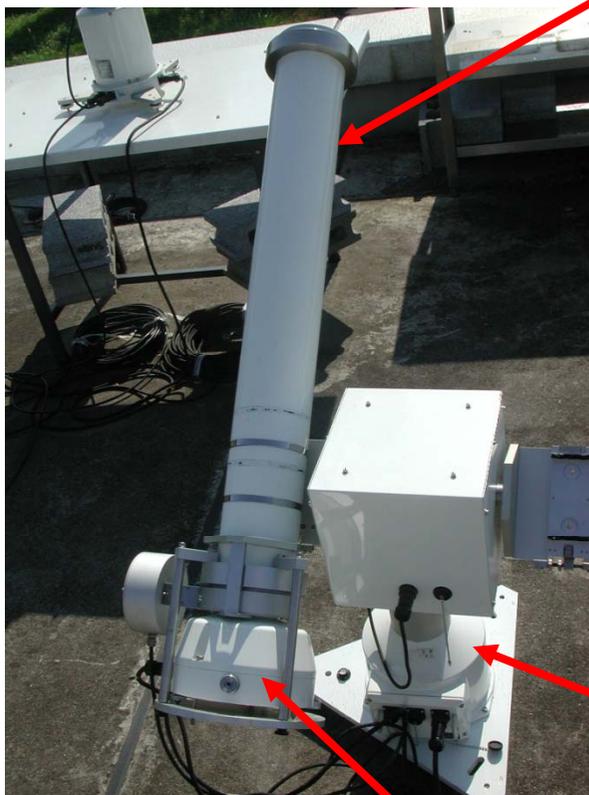
WMO準器



# 全天日射計

- 水平面日射量
- 波長 : CM22(200-3600nm)、CM21(305-2800nm)
- 検定
  - (1) 測器試験検定センターに依頼(気象庁準器と比較)
  - (2) 検定済み全天日射計とside by sideの比較
  - (3) 基準値を直達+散乱光として比較
  - (4) コリメーションチューブを使用し、直達日射計と比較
- 検定準器(気象研)は、CM22を使用
- 温度特性
  - 測器試験検定センターの装置を借用
- cosine応答特性
  - 測器試験検定センターの角度特性測定装置を借用(今年度更新)
  - (実験室での測定は、天頂角が大きいところで角度の精度が問題)
  - 直達光と散乱光を測定して推定する方法を開発

コリメーションチューブ



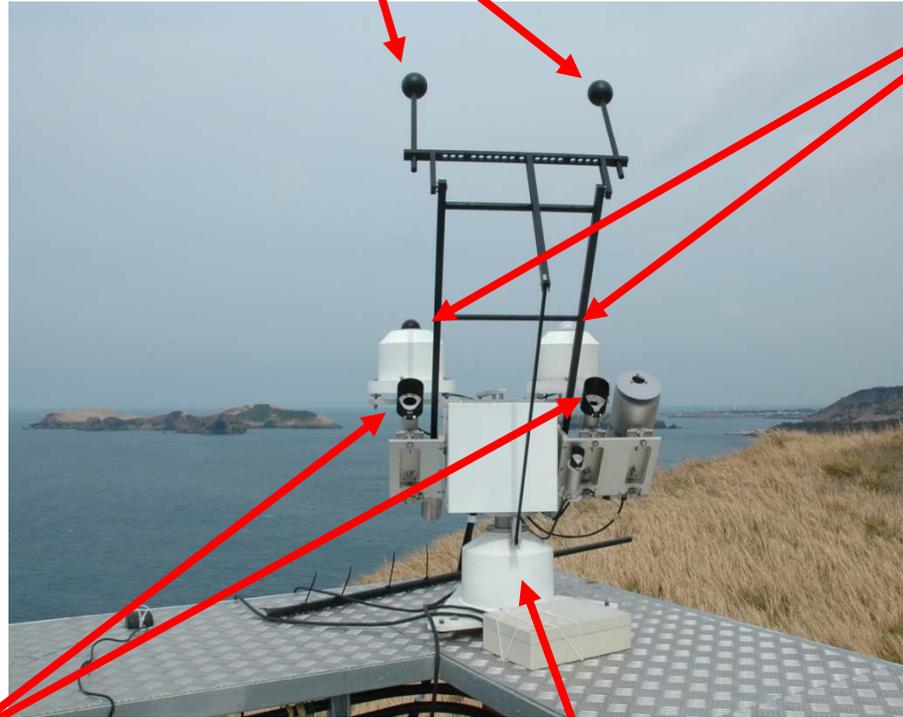
太陽追尾装置

全天日射計

コリメーションチューブを使って、全天日射計で直達日射を測定

太陽遮蔽ディスク

全天日射計  
(散乱光成分)



直達日射計

太陽追尾装置

(直達光成分)

全天日射量 = 直達光 + 散乱光

全天日射量は、直達成分と散乱光成分を加えて測定することによって、  
全天に日射計1台で測定するより精度がいい。

# 気象研での全天日射計比較 (2007年2月～4月)



基準値 : (直達日射量) + (散乱日射量)

# 赤外放射計

- 赤外放射量
- PIR (Eppley)
  - ドーム温度測定
  - 塩原 & 浅野 (1992) (現在、校正装置使用不能)
  - 高層気象台に依頼して検定(1998年)(当時広瀬さん担当)(校正装置、今年度更新?)
- CG4 (Kipp & Zonen)
  - WRCに比較を依頼(2007年春～秋)
  - 現在、WRCで比較した物を基準している(温度係数有り)
- 測定時は、太陽直達光を遮蔽している。

## 赤外放射計の検定(世界放射センター:WRC)

- ・世界放射センター(WRC, ダボス)に検定を依頼。
- ・温度係数を決定のため、春から初冬まで実施。



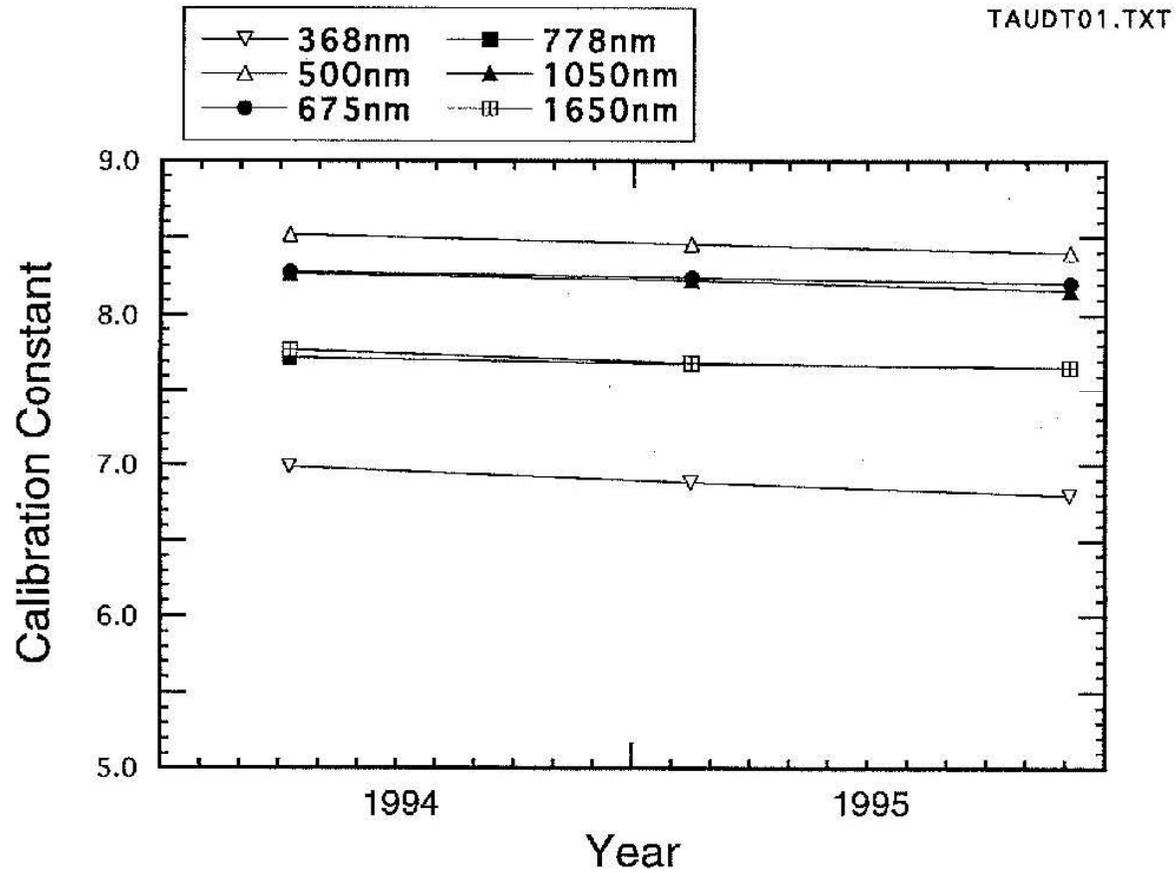
$$E = \frac{U_{emf}}{C} (1 + k_1 \sigma T_B^3) + k_2 \sigma T_B^4$$

気象研/GEOSS-SKYNET準器  
(写真を撮るためカバーを  
取った状態)

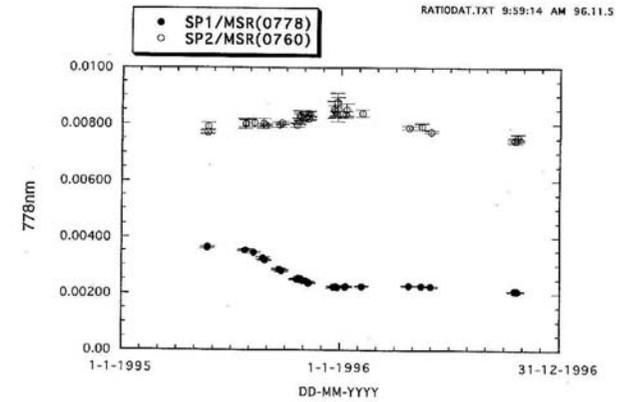
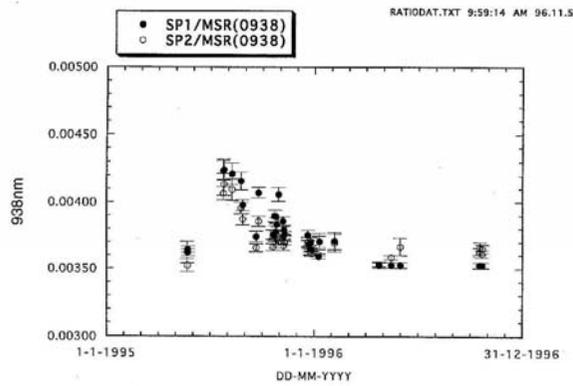
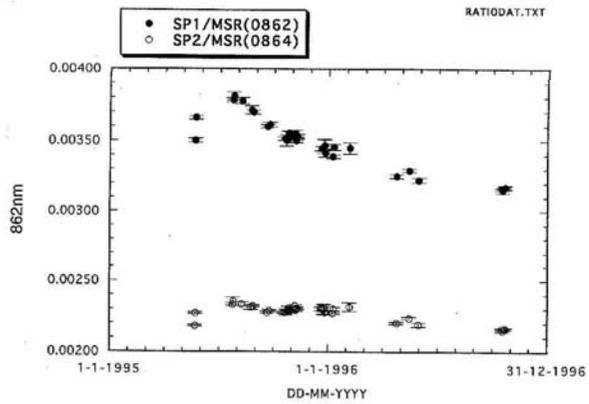
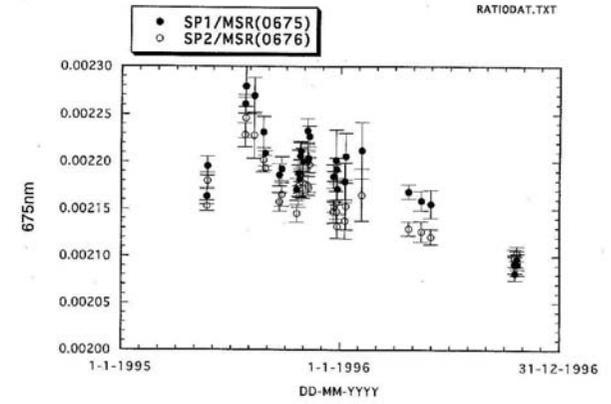
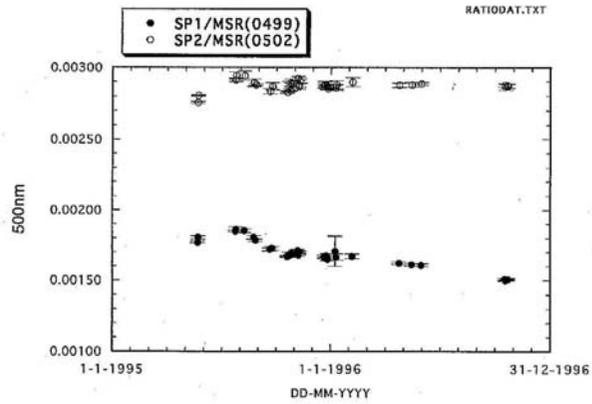
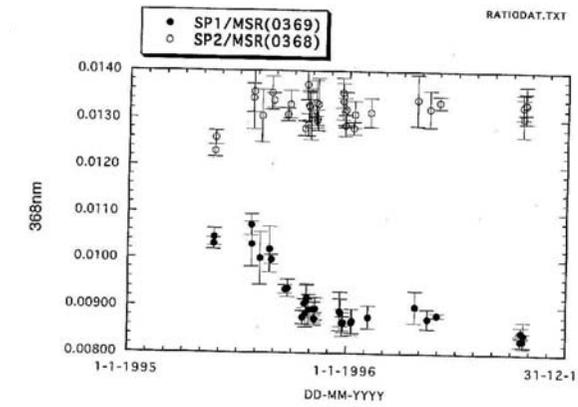
# サンフォトメーター(1)(直達分光日射計)

- 太陽直達分光日射
- 干渉フィルター
- MS115(EKO)
- 波長: 368,420,500,675,760,862,938,1050nm  
(半値全幅5~10nm)
- Langley 法
- 現在使用していない。  
干渉フィルターの劣化が問題であった。

# MSR7000の検定定数の変化



# MS155とMSR7000の比較



# サンフォトメーター(2)(直達分光日射計)

- 回折格子
- MSR7000(280~2500nm、分解能5nm)  
GER2600(350~1050nm、分解能3nm  
1050~2500nm、分解能25nm)  
PGS-100(300~1050nm、分解能 nm)
- 検定定数の経年変化が小さい  
マウナ・ロア観測所でデータを取得し、Langley法で検定
- 直達分光観測の準器としている。
- 他の直達分光日射計への転写は、つくばで行う。

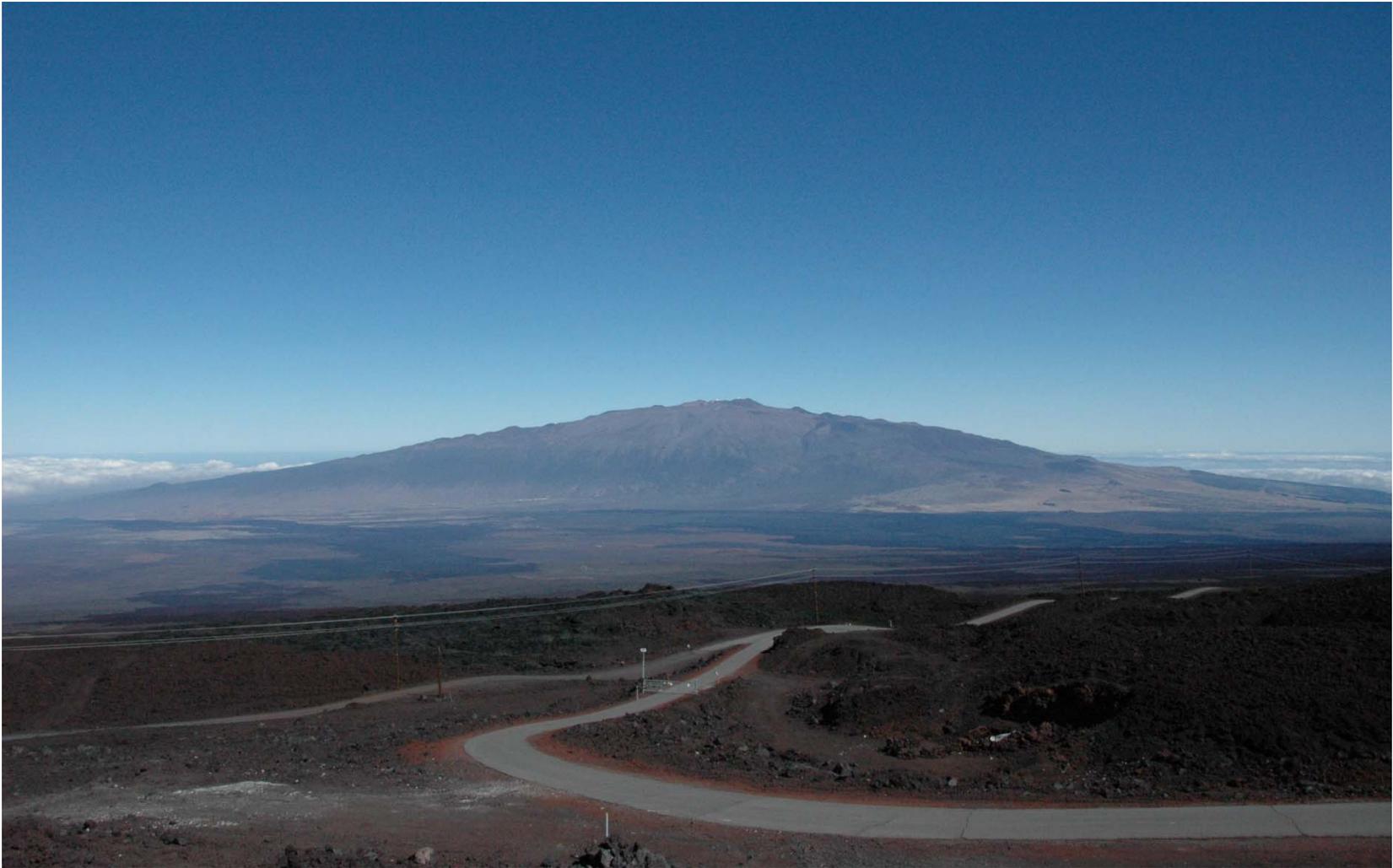
# スカイラジメーター

- 太陽直達光分光日射、天空輝度(相対値)
- 干渉フィルター
- 波長: 340,380,400,500,675,870,940,1020,1225,1627,2200nm  
(分解能 5nm~20nm)
- POM-01,POM-02(Prede)
- マウナ・ロア観測所でデータを取得し、Langley法で検定(準器とする)
- つくばで準器と比較(準器はマウナ・ロアで検定したスカイラジメーターまたはサンフォトメーター)
- FOVの大きさ決定は太陽を光源にして行う。
- 天空輝度  
太陽直達フラックス対する出力とFOVの測定値から値付け

# マウナ・ロア観測所での太陽直達分光検定観測

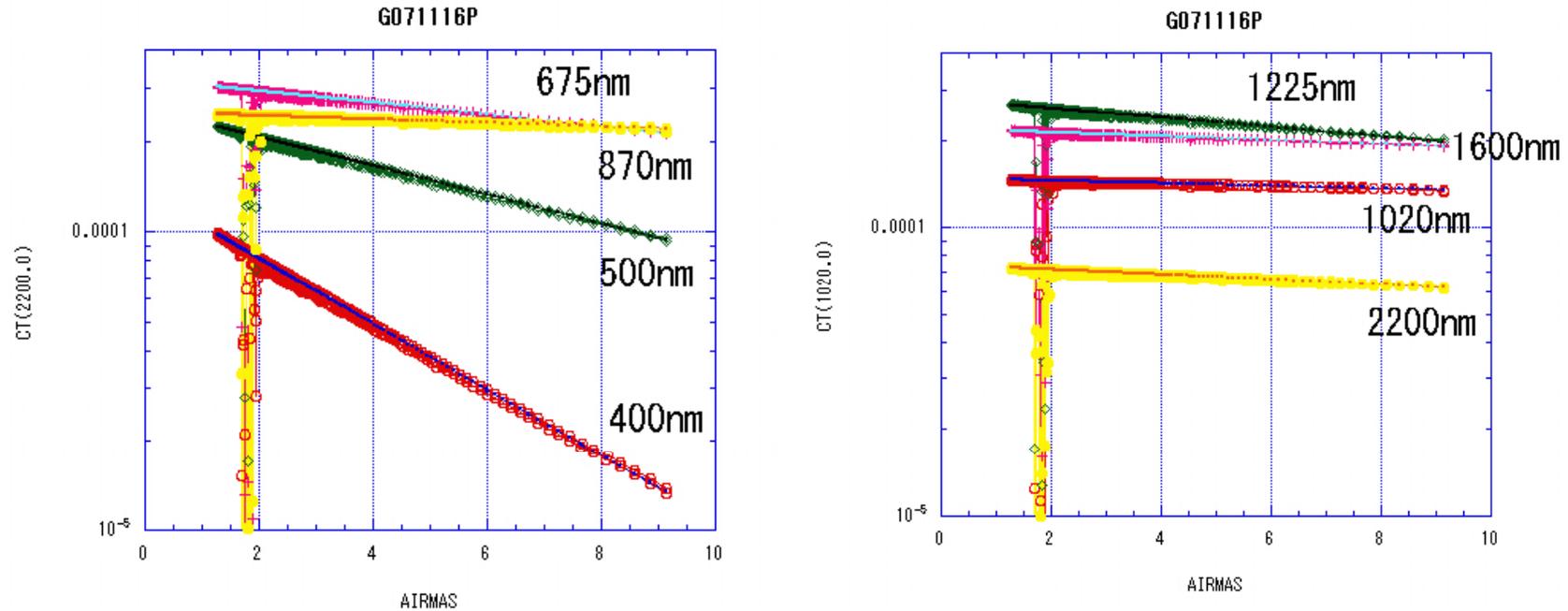


- 標高: 3400m (下層雲の上)
- 大気が安定 (亜熱帯高気圧帯)
- 他の観測データが利用できる (水蒸気量、オゾン量、エアロゾル散乱・吸収係数、 $C_{CN}$  個数、ライダー、ゾンデ)



Mauna Kea View from NOAA Mauna Loa Observatory

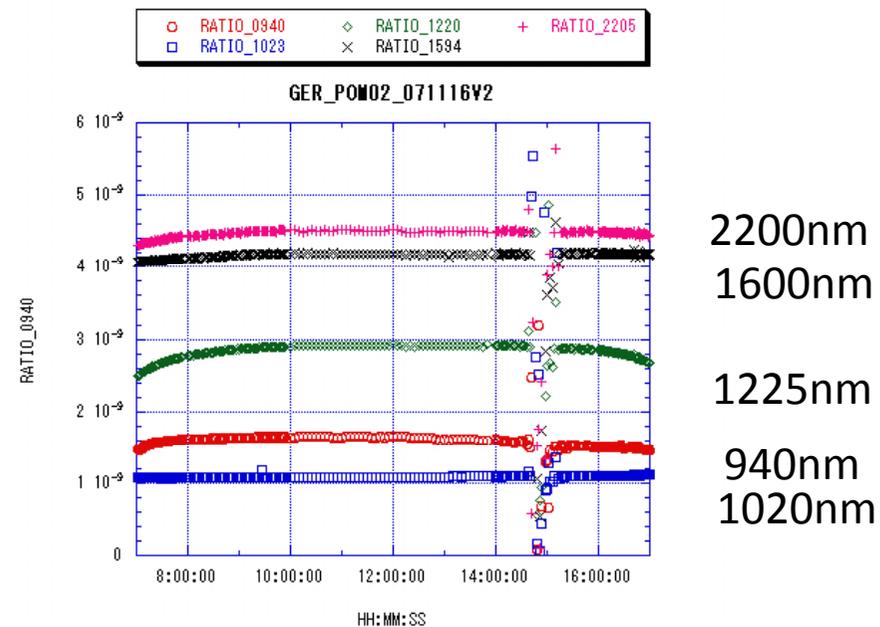
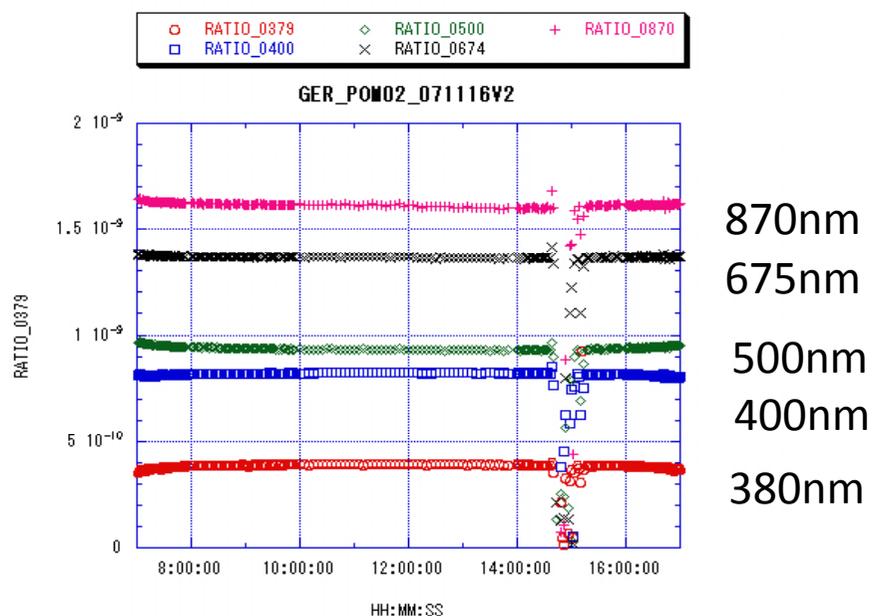
# Langley plot の例(2007/11/16, POM-02)



2007年11月16日のデータをLangleyプロットした。  
データが、直線に乗っている(一部ずれているデータは、  
センサー出力の線形性テストを行った時間帯のデータ)。  
マウナ・ロア観測所では、この例のように非常に良いデータが  
取れる。

# 検定定数の転写(出力の比)

## GER2600とPOM-02の出力比の例



$$\frac{V}{V(\text{Standard})} = \frac{V_0}{V_0(\text{Standard})} \frac{\exp(-\tau \cdot m)}{\exp(-\tau \cdot m)}$$

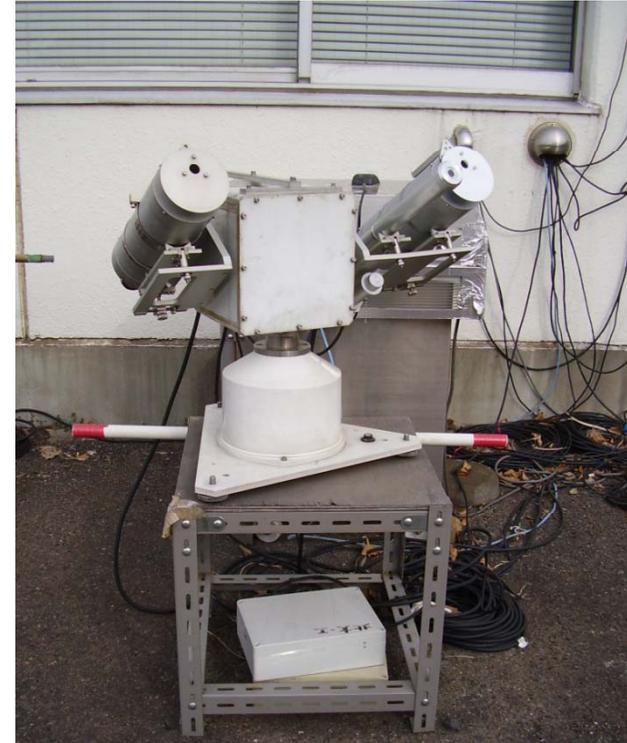
$$V_0 = \frac{V}{V(\text{Standard})} V_0(\text{Standard})$$

準器POM-02またはサンフォトメーターから他のPOM-02への検定定数の転写は、センサーの出力比を取ってうつす。

# 気象研での比較検定実施



気象研での比較観測  
同時に太陽直達光を測定して比較する。



回折格子型サンフォトメーターも  
同時に動かす。

比較検定は、気象研やSKYNET観測サイト以外に、  
GOSAT(いぶき)検証サイトのスカイラジオメーターなど  
多数に対して行っている。

# 全天分光日射計

- 太陽直達分光日射、天空輝度(相対値)
- 回折格子
- 波長:300~1050nm
- 検定済み直達分光日射計とコリメーションチューブを使用して検定
- Cosine応答特性は、散乱光と全日射量を交互に測定しながら決定(同時検定済みの直達分光日射も測定)

# フーリエ変換型分光器(赤外～近赤外)

- 天頂又は天底の放射輝度
- Bomen MB155(現在使用していない)
  - 検出器: 近赤外域: InSb( $3700\sim 10000\text{cm}^{-1}$ 、分解能 $2\sim 16\text{cm}^{-1}$ )  
( $2200\sim 4400\text{cm}^{-1}$ 、分解能 $2\sim 16\text{cm}^{-1}$ )
  - 赤外域: HgCdTe(MCT)( $500\sim 2800\text{cm}^{-1}$ 、分解能 $2\sim 16\text{cm}^{-1}$ )
- 赤外の校正
  - 黒体(周囲温度、 $60^{\circ}\text{C}$ 、 $0^{\circ}\text{C}$ )
- 近赤外
  - 連続測定時は値付けしたランプを基準
  - ランプの校正は、黒体炉( $1150^{\circ}\text{C}$ 、 $710^{\circ}\text{C}$ )を基準
  - 高温黒体炉の温度測定は、放射温度計で行う
  - 放射温度計の校正は、定点黒体炉で行う  
(定点黒体炉: 銅 $1084.62^{\circ}\text{C}$ 、アルミニウム $660.323^{\circ}\text{C}$ )

# 赤外放射温度計

- 黒体(平板黒体)を基準にしている。
- 黒体:  $-30\sim 50^{\circ}\text{C}$