

# 太陽電波のシノプティック観測

柴崎清登

野辺山太陽電波観測所

# 野辺山太陽電波観測所における 太陽電波シノプティック観測

1. 強度偏波計群による太陽からの電波強度観測（名古屋大学空電研究所から通算60年）
2. 電波ヘリオグラフによる太陽の太陽全面画像の撮像（1992年より通算20年）

# 連続60年の電波強度観測

柴崎清登

野辺山太陽電波観測所

# 概要

- 太陽電波観測（総放射量）
- 電波放射機構
- 連続60年の太陽電波強度測定
- 電波強度と相対黒点数の相関（太陽活動指数）
- 電波強度から見た最近の太陽活動の異常性
- 今後の観測とサポート体制

# 太陽電波観測

- 太陽からの電波放射の発見1942年(日本でも)
- 世界中で1945年以降太陽電波観測が開始、日本では1951年より
- 電波強度の較正に関するワーキンググループ
  - URSI working group on the Absolute Calibration of Solar Radio Flux Density (1966-1972) was formed. The final report is “Absolute Calibration of Solar Radio Flux Density in the Microwave Region” by H. Tanaka et al., Solar Phys. 29, 243-262 (1973)
- マイクロ波帯での連続観測(現在まで続いているもの)
  - Canada (since 1947, Ottawa/Penticton/Dominion)
  - Japan (since 1951, Toyokawa/Nobeyama)
  - USA (AFCRL/RSTN)

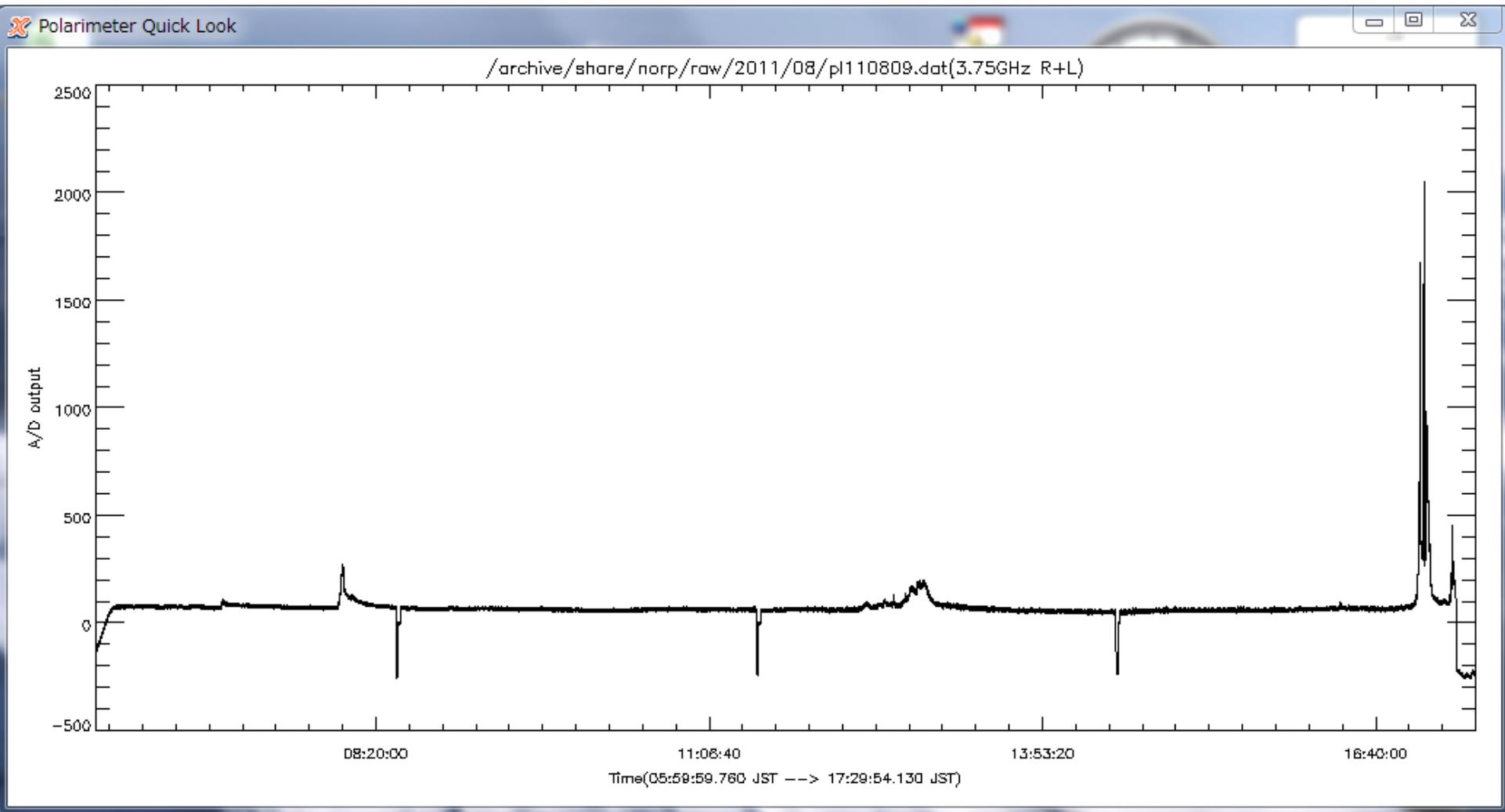
# 日本における太陽電波強度観測 (Toyokawa / Nobeyama)

- 太陽電波総フラックス量(強度・偏波)の観測
  - 1.0, 2.0, 3.75, 9.4, 17, 35 and 80 GHz
  - 最も長い観測 3.75 GHz since Nov. 1951
  - ロバストな較正方法の確立
- データ利用(インターネットを用いたデータ公開)
  - フレアにおける粒子加速の研究 (0.1 second data)
  - 太陽活動指数(日毎のデータ)
  - <http://solar.nro.nao.ac.jp/norp/>

# Nobeyama Radio Polarimeters



# Sample Data (3.75 GHz)



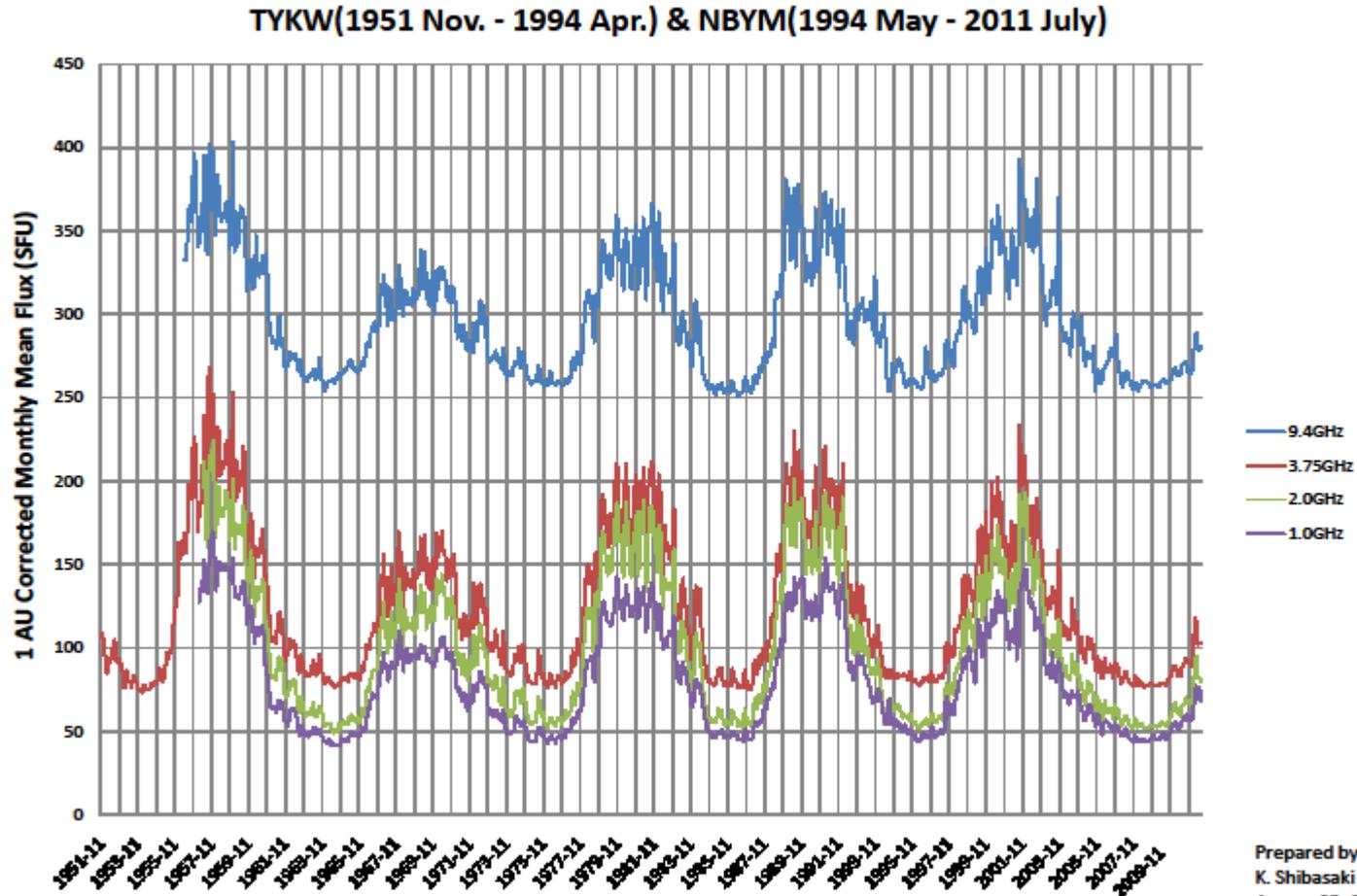
# 太陽からの電波放射機構

- マイクロ波 (周波数=1~10 GHz、波長= 30~3 cm)
  - 電子の加速度運動 (電磁気の古典論)
    - イオンとの衝突 (クーロン力、f-f 放射)
    - 磁場への巻き付き運動 (ローレンツ力、磁気共鳴放射、ジャイロシンクロトロン放射)
  - f-f 放射
    - 上層大気 (コロナ、遷移層、彩層) における高温・高密度プラズマ
  - 磁気共鳴放射 (gyro-resonance emission)
    - 熱電子が黒点の強い磁場に巻き付き、低次 (2, 3次) の高調波を放射 (Kakinuma & Swarup, 1962)
  - ジャイロシンクロトロン放射
    - 太陽フレアに伴って加速された比熱的高エネルギー電子が磁場に巻き付き、高次の高調波を放射

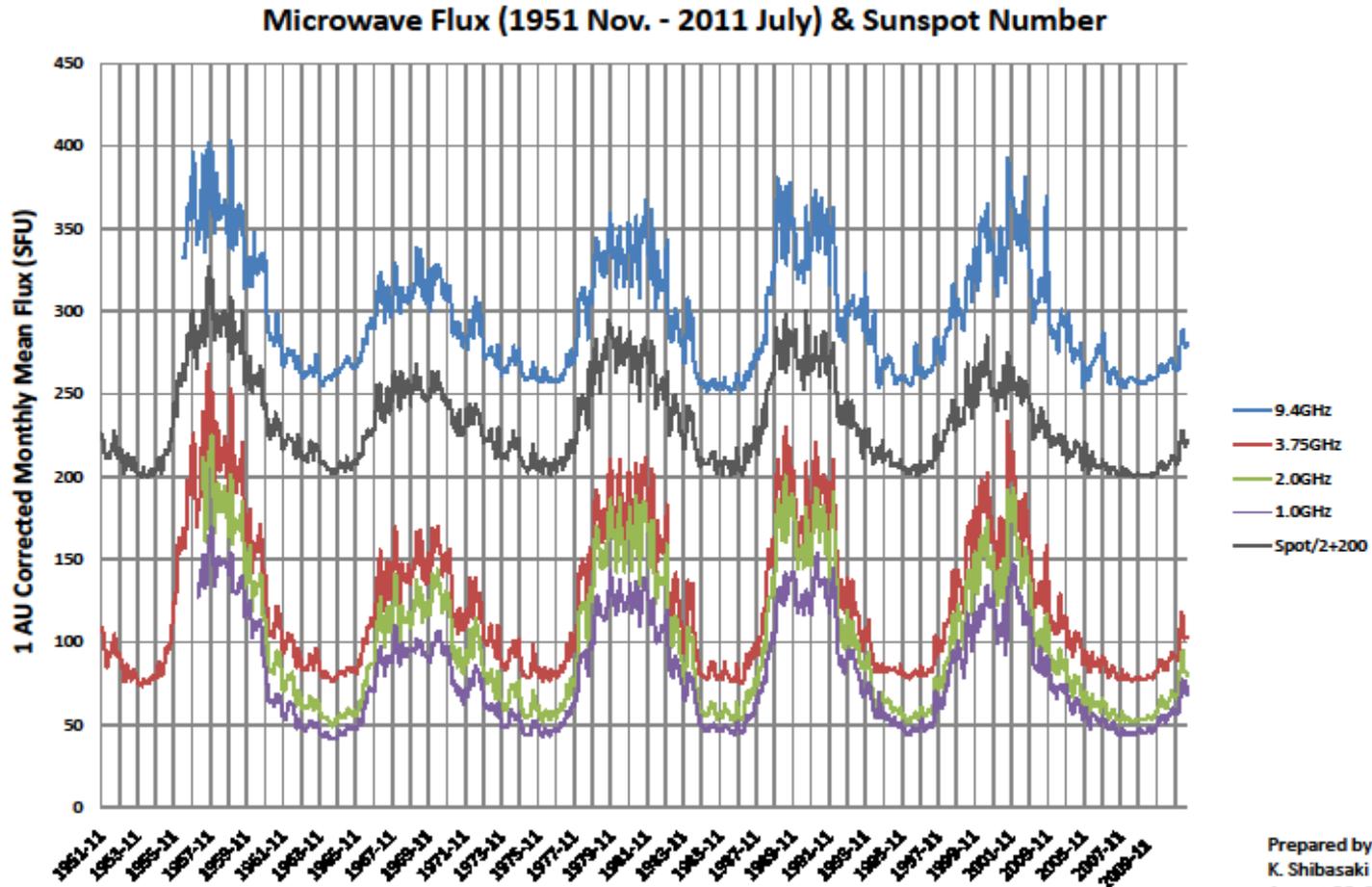
# 太陽電波強度の成分

- B(Base)成分
  - 黒点や活動領域を除いた静かな太陽からの放射成分
  - 彩層～コロナからの熱的 f-f 放射
- S(Slowly varying)成分
  - 黒点や活動領域からの放射
  - Gyro-resonance emission from sunspots and thermal free-free emission from hot and dense plasma in active regions
  - 黒点上空での磁気共鳴放射と活動領域における高温・高密度プラズマからの熱的 f-f 放射
- バースト成分
  - 太陽フレアに伴う突発的放射
  - 太陽フレアに伴って発生する非熱的高エネルギー電子からのジャイロシンクロトロン放射

# 連続60年の太陽電波強度

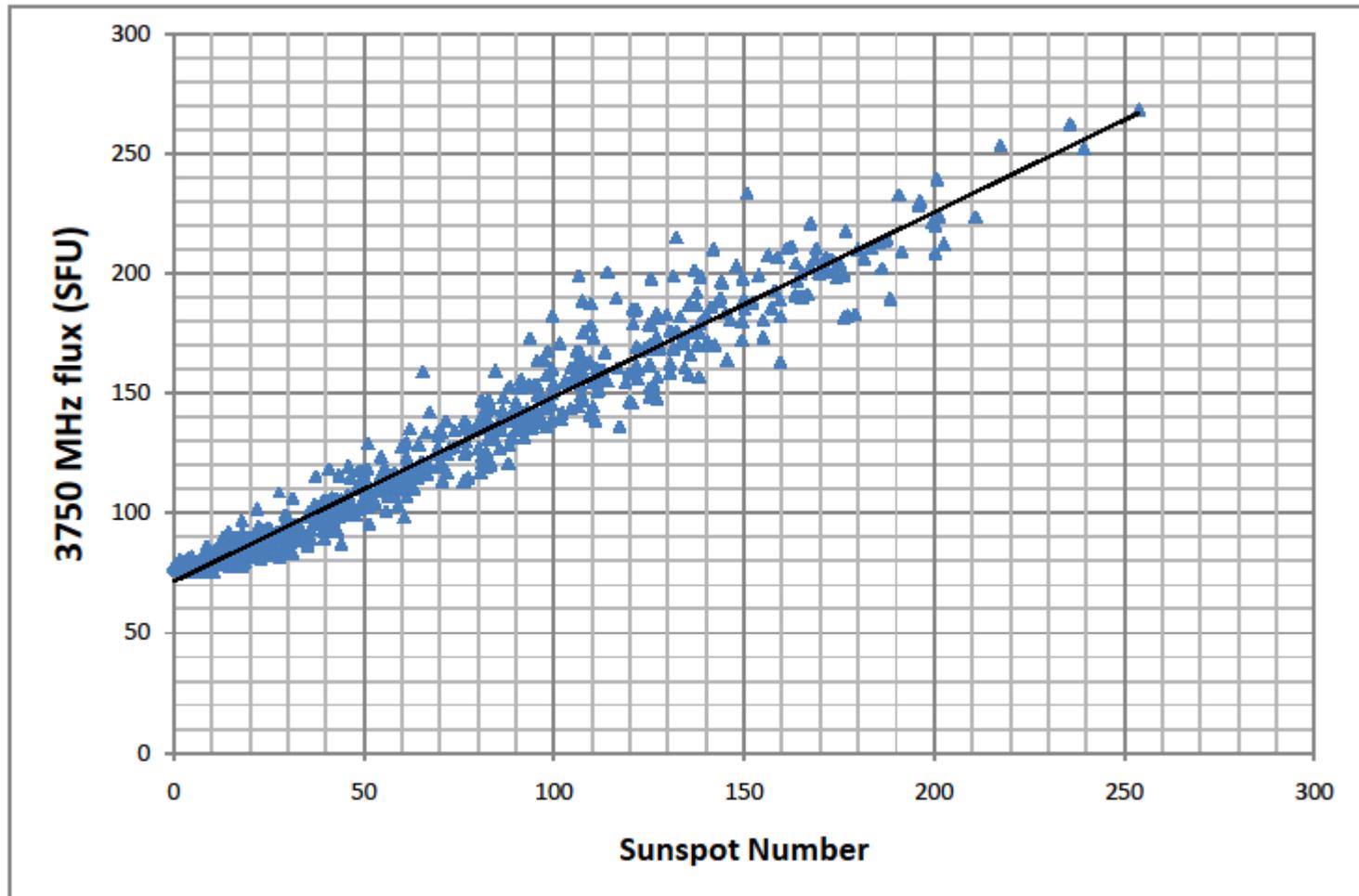


# 電波強度と相対黒点数



Prepared by  
K. Shibasaki  
August 26, 2011

# 3.75GHz 電波強度 (TYKW/NBYM)と 相対黒点数(ISN/SIDC)の相関



# 相対黒点数と電波強度の相関係数

周波数	相関係数
1.0 GHz	0.962
2.0 GHz	0.975
3.75GHz	0.976
9.4 GHz	0.940

# なぜ相関が良いのか？

- 黒点数と電波強度は全く異なる物理量である。
  - 黒点の形成機構はまだよく知られていない。  
(太陽対流層の底におけるダイナモ機構？)
  - コロナ・彩層加熱機構もまだ不明である。  
(波動加熱？磁気エネルギー加熱？)
- 黒点数の構成 (group  $\times$  10 + individual) と電波強度の成分 (gyro-resonance + free-free) がともに太陽上層大気の活動を表しているのか？

# 相対黒点数

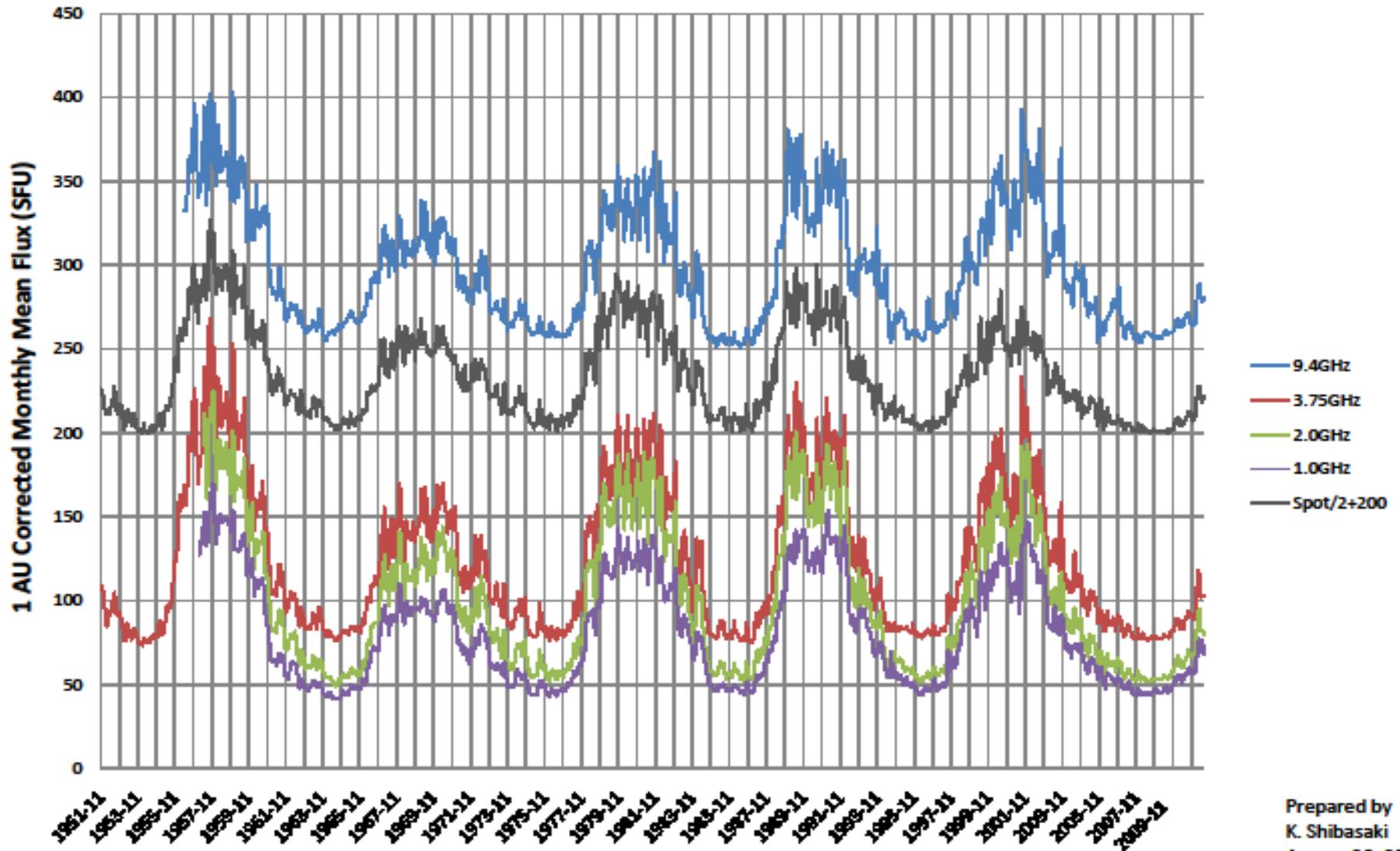
(SIDC@Royal Observatory of Belgium)

- $SN = k ( 10^*g + f )$ 
  - k: observatory factor, or personal reduction coefficient
  - g: number of sunspot groups
  - f: number of individual spots
- 黒点数が小さい場合は非線形的
  - ゼロの次は11 (g=1, f=1)
- 不定性の原因
  - 黒点観測(シーイング、望遠鏡、場所、天候、観測者、kファクター、等)
  - 電波(波長10cm付近)は中性大気(雨、雲など)や電離層の影響がほとんどない。較正方法が確立している。

# 最近の太陽活動

- 第23太陽活動周期は長かった(11+2年)
- 第23/24の極小期は長かった
- 第24活動周期の上昇は非常にゆっくりしている
- 出現する活動領域の寿命は短く、フレア活動度が低い
- 北極では磁場極性の反転が進行中であり、北半球では太陽活動が極大期に対応する。本当か？
- 黒点数と電波フラックスの関係が、第23活動周期以降はじめている。

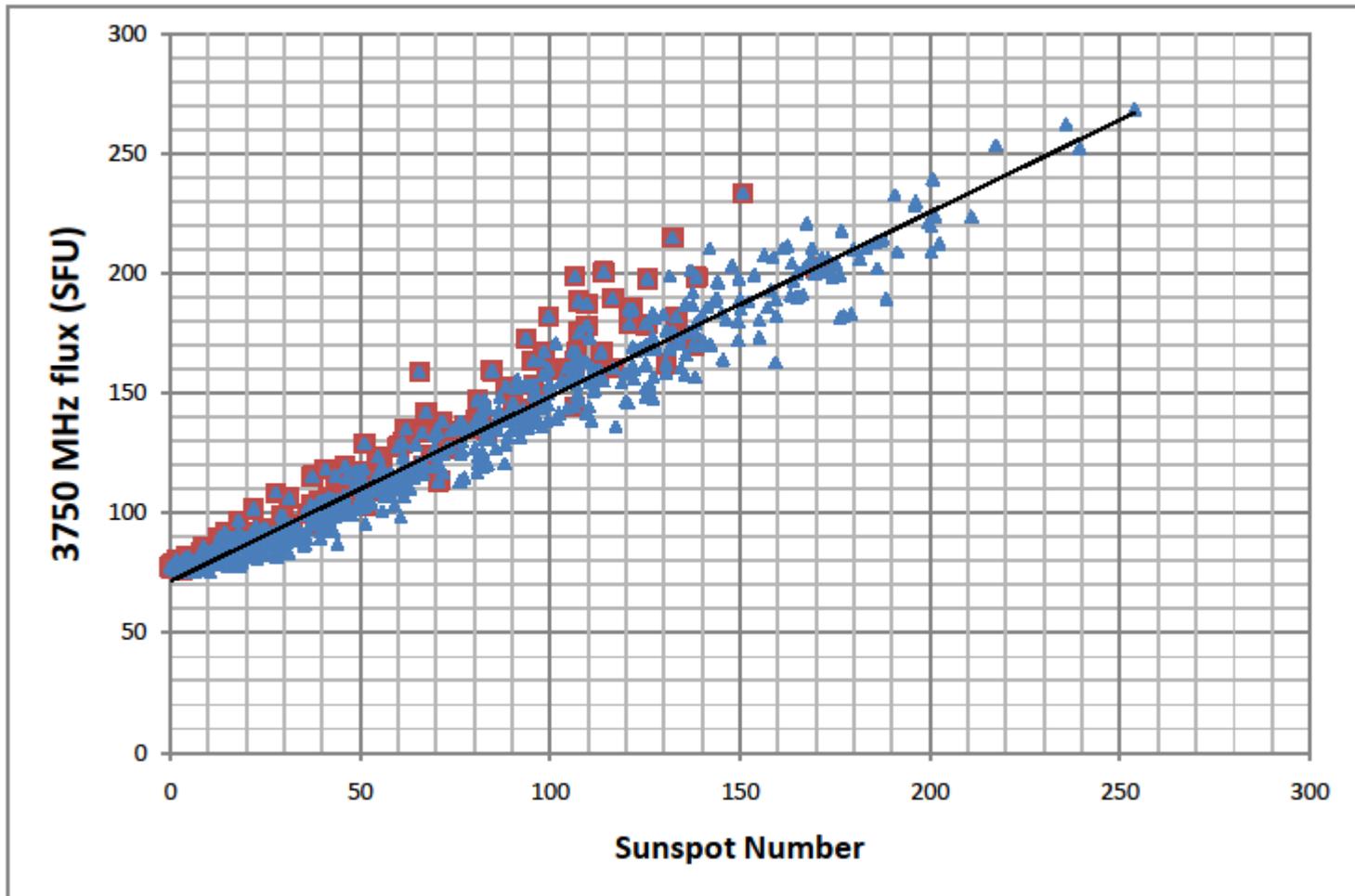
## Microwave Flux (1951 Nov. - 2011 July) & Sunspot Number



Prepared by  
K. Shibasaki  
August 26, 2011

# 第23太陽活動周期以降のずれ

(K. Tapping (2010), L. Svalgaard (2010))



# 今後の観測とそのサポート

- 現在太陽周期活動は異常な状況であり、近代的観測装置で太陽観測ができるようになって初めての経験である。
- 異常性を理解するためには、長期間にわたる高品質で一様なルーチン観測が必須である。
- 単純ではあるが、持続的なルーチン観測は非常に困難であり、重要性を理解して支持する組織が必要である。