

# 活動銀河核ジェットの 赤外線・多波長観測

伊藤亮介

**2013/05/24**

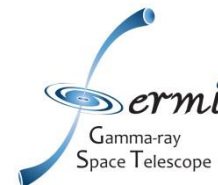
**MIMIZUKU WS@三鷹**

2013/05/24

MIMIZUKU WS



広島大学  
高エネルギー宇宙・  
可視赤外線天文学研究室



# 目次

- 活動銀河核ジェットについて
- これまでの多波長観測
- ジェットの間中赤外線観測
- MIMIZUKUによるジェット観測の可能性

# 活動銀河核ジェット

## ジェットの典型的パラメータ

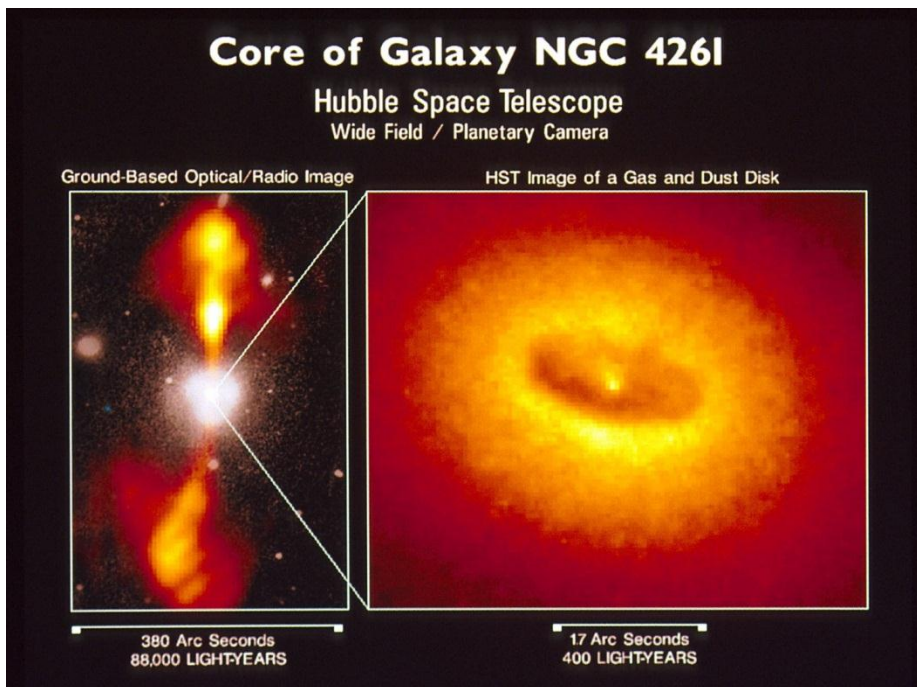
|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| BH Mass         | $10^6 - 10^9 M_{\odot}$ |
| 大きさ             | $\sim 10^6$ pc          |
| 速度              | $\Gamma \sim 10$        |
| 全AGNに対する<br>存在比 | $\sim 10 \%$            |

地上では実現不可能な規模の  
超巨大粒子加速実験場

これらジェットの

- 形成機構
- 加速機構
- 放射機構

の解明は宇宙物理学  
における大きな課題



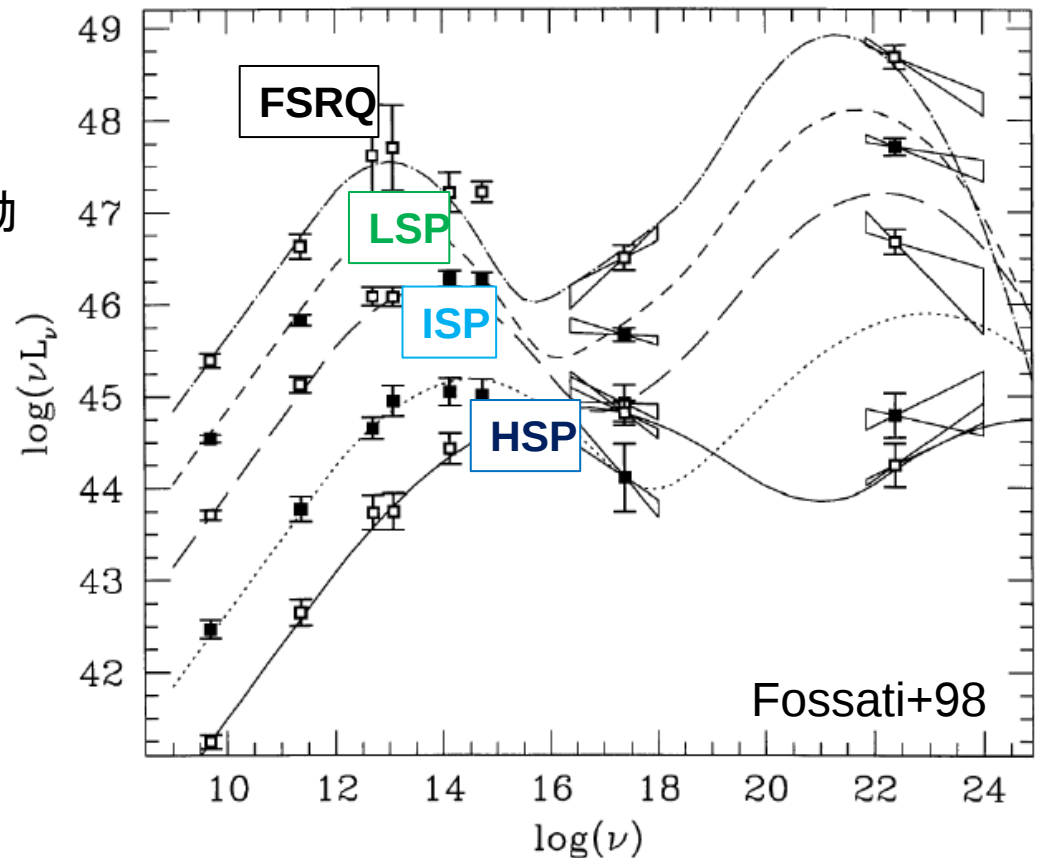
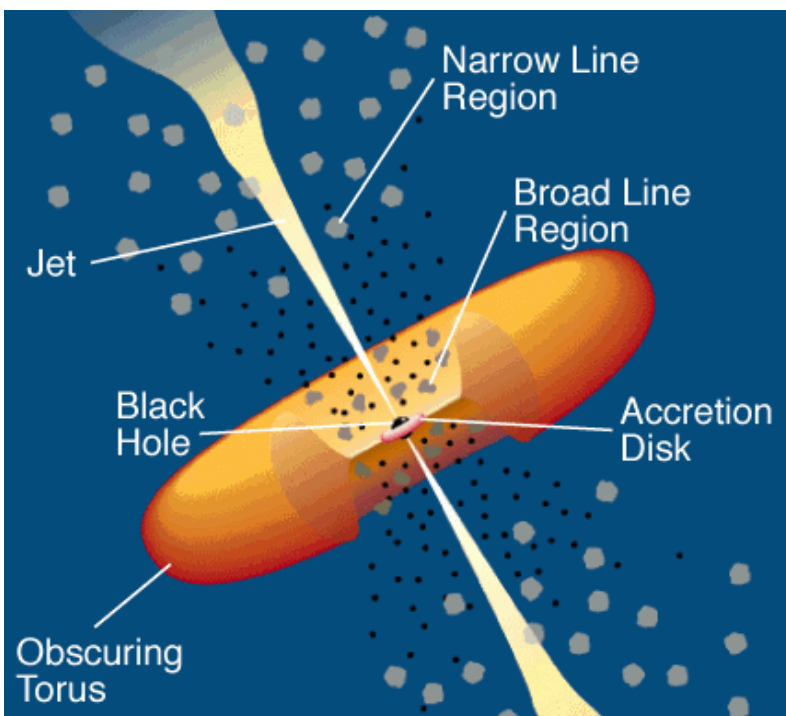
# BLAZAR

Blazar :活動銀河核の1種

1. 電波～TeVまでの幅広い放射
2. 速く(<day)大きな(~数十倍)時間変動
3. 電波から可視までの高い偏光



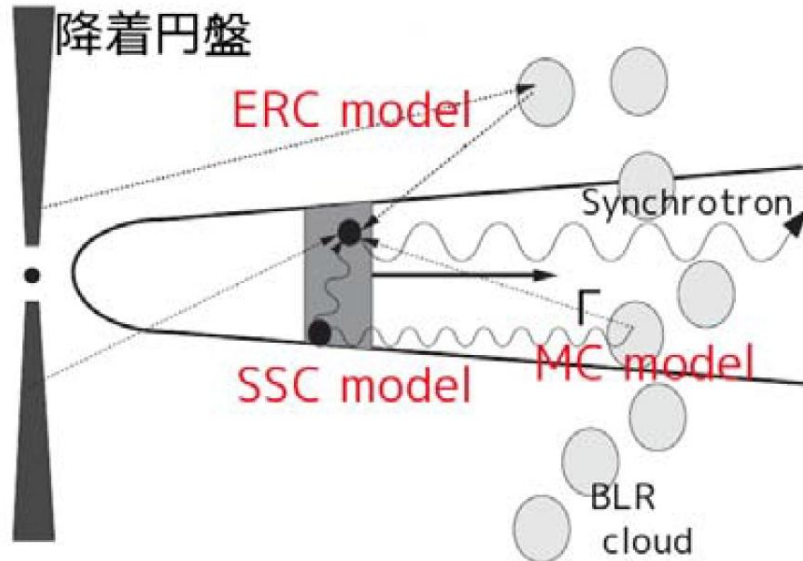
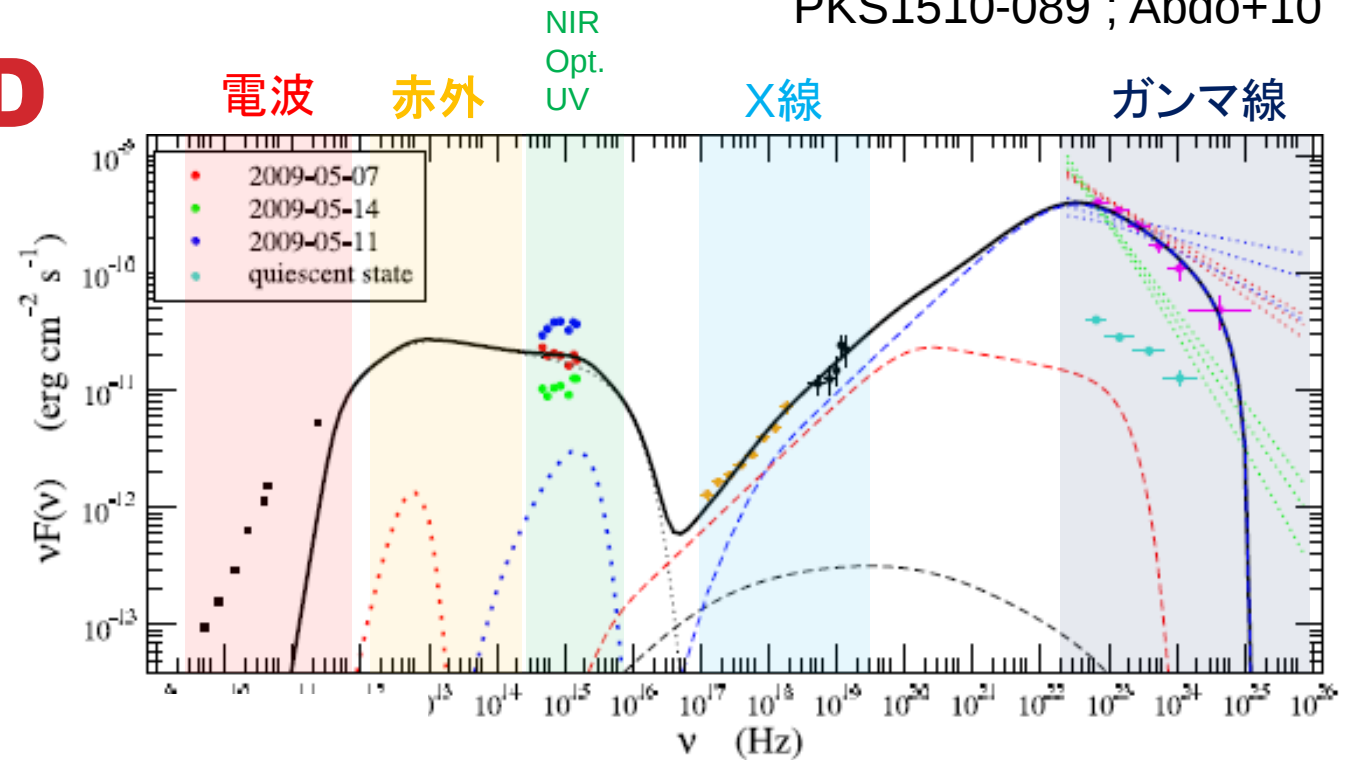
相対論的ジェットをその  
視線方向から見ている



低エネルギー側：シンクロトン放射  
高エネルギー側：逆コンプトン散乱

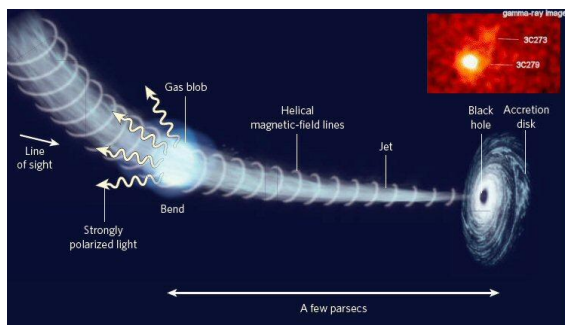
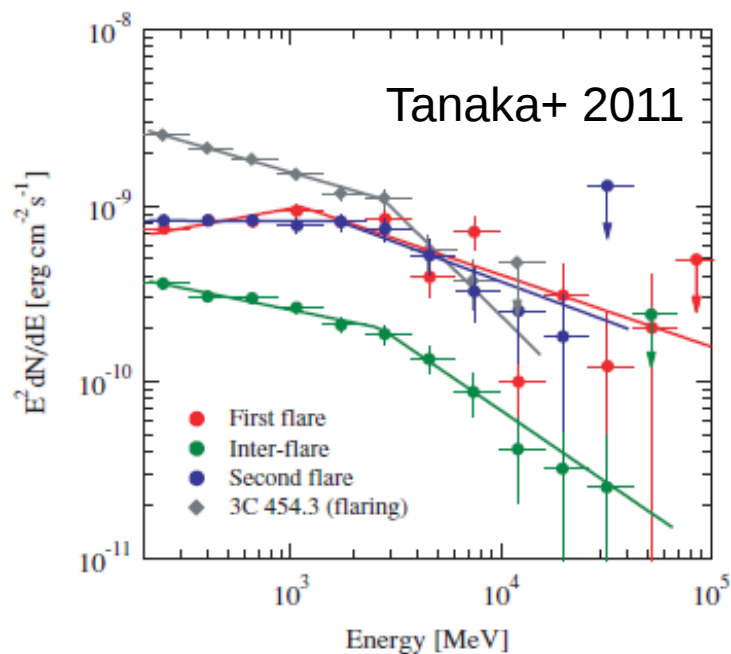
これらの放射はビーミング効果によって強められて  
観測される

# 多波長SED



Synchrotron –Self Compton (SSC)  
+ External Radiation Compton (ERC)

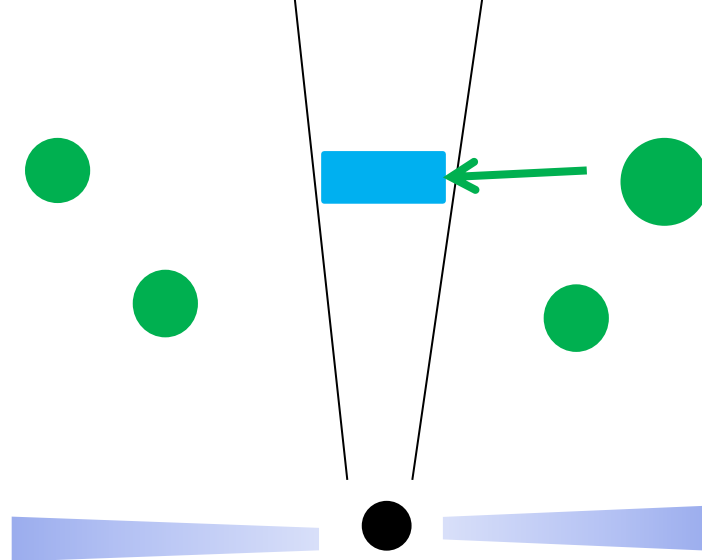
# 放射領域



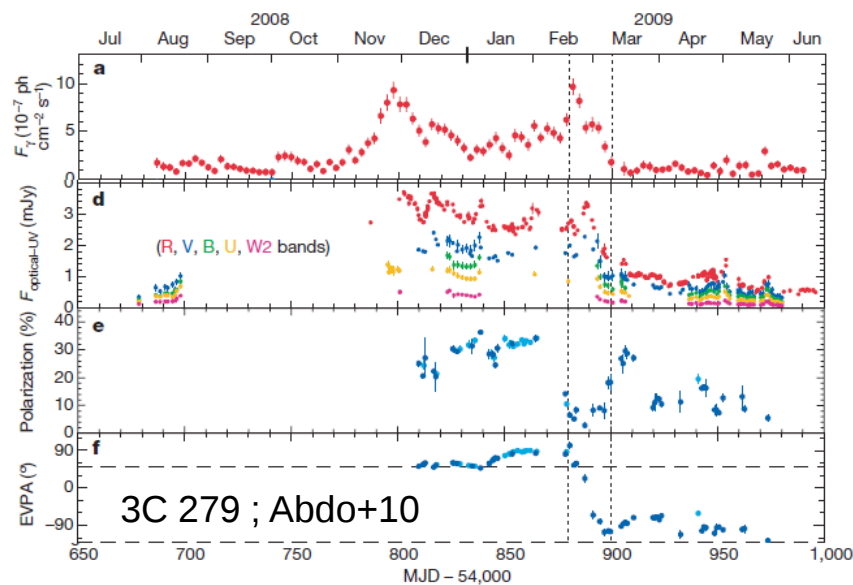
偏光変動のタイムスケール  
 - > 1-10 pcでの放射??

2013/05/24

MIMIZUKU WS



Ly continuum photonとガンマ線との  
 photon-photon pair creationで説明可  
 ⇒ 放射領域は~0.1 pc以内??



# 種光子由来

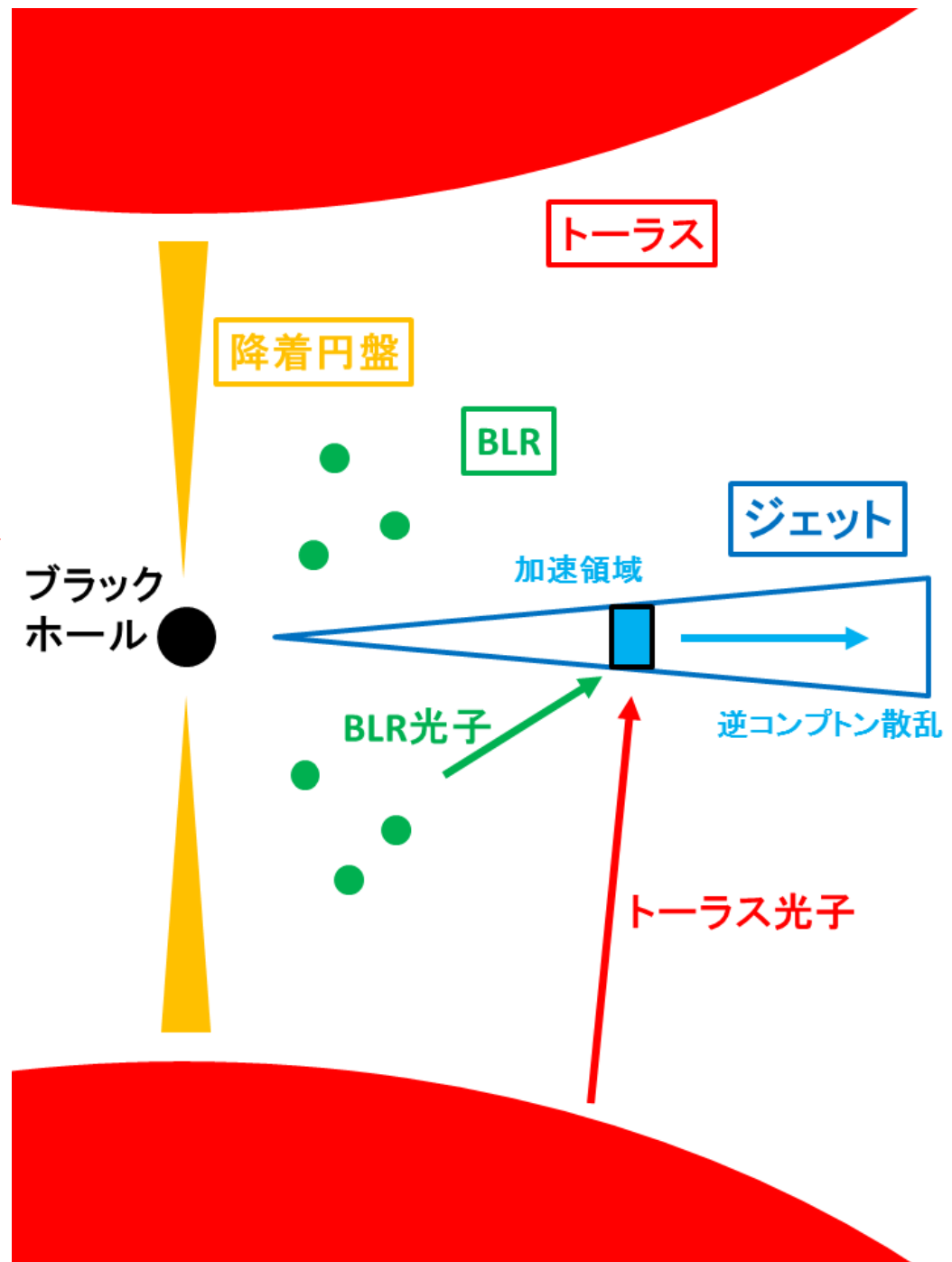
## シンクロトロン光子と

- 降着円盤 : 紫外線
- 広輝線領域(BLR) : 可視光
- トーラス : 赤外線

## 放射領域も

- 近傍説 (0.1 pc)
- 遠方説 (1-10 pc)

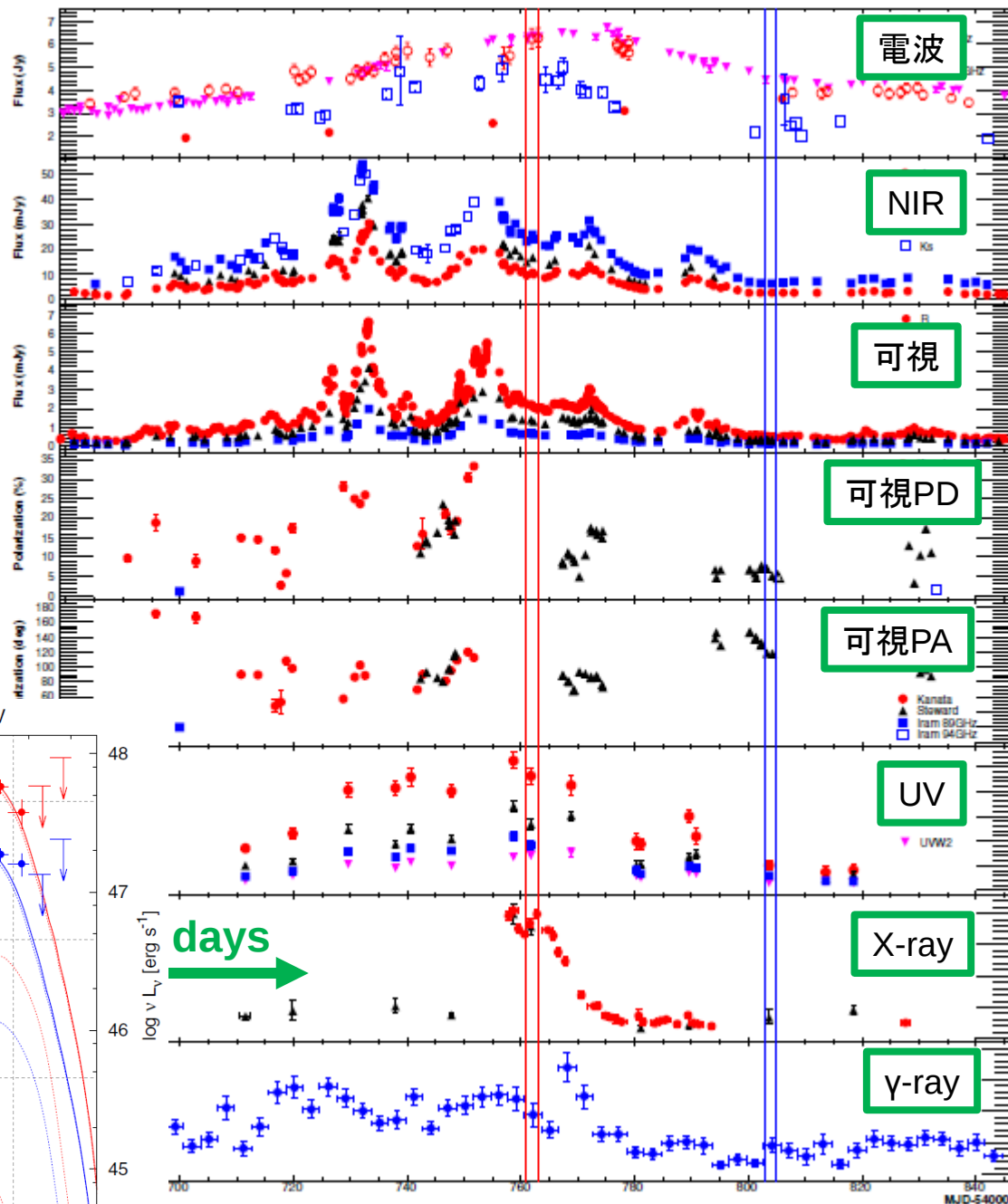
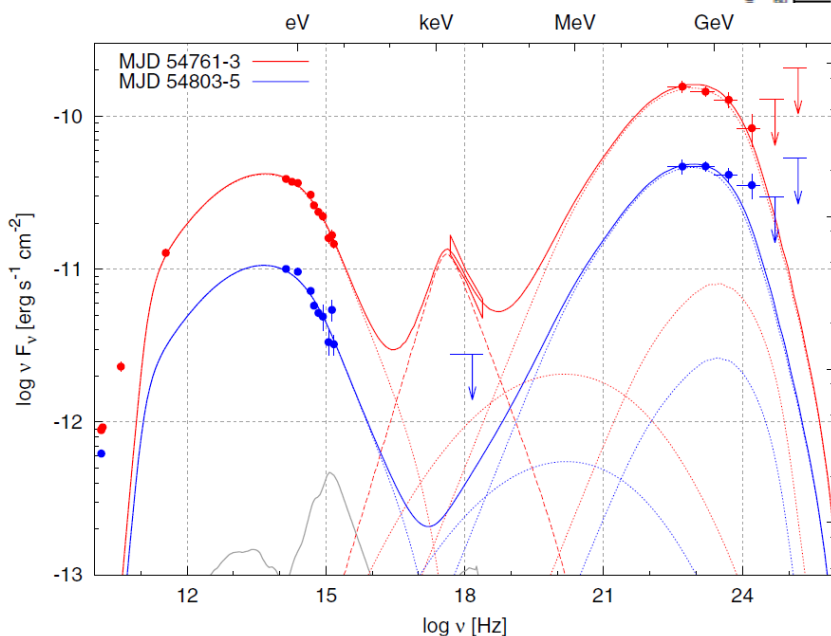
ただしモデル依存で、  
証拠に乏しい



# 多波長観測

観測機器の性能向上  
により、多波長での  
同時観測が活発に！

多波長スペクトルの  
時間変化を捉える時代へ



AO 0235+164 ; Abdo+10



# 解決すべき問題点

1. 中間赤外線帯域の”空白”

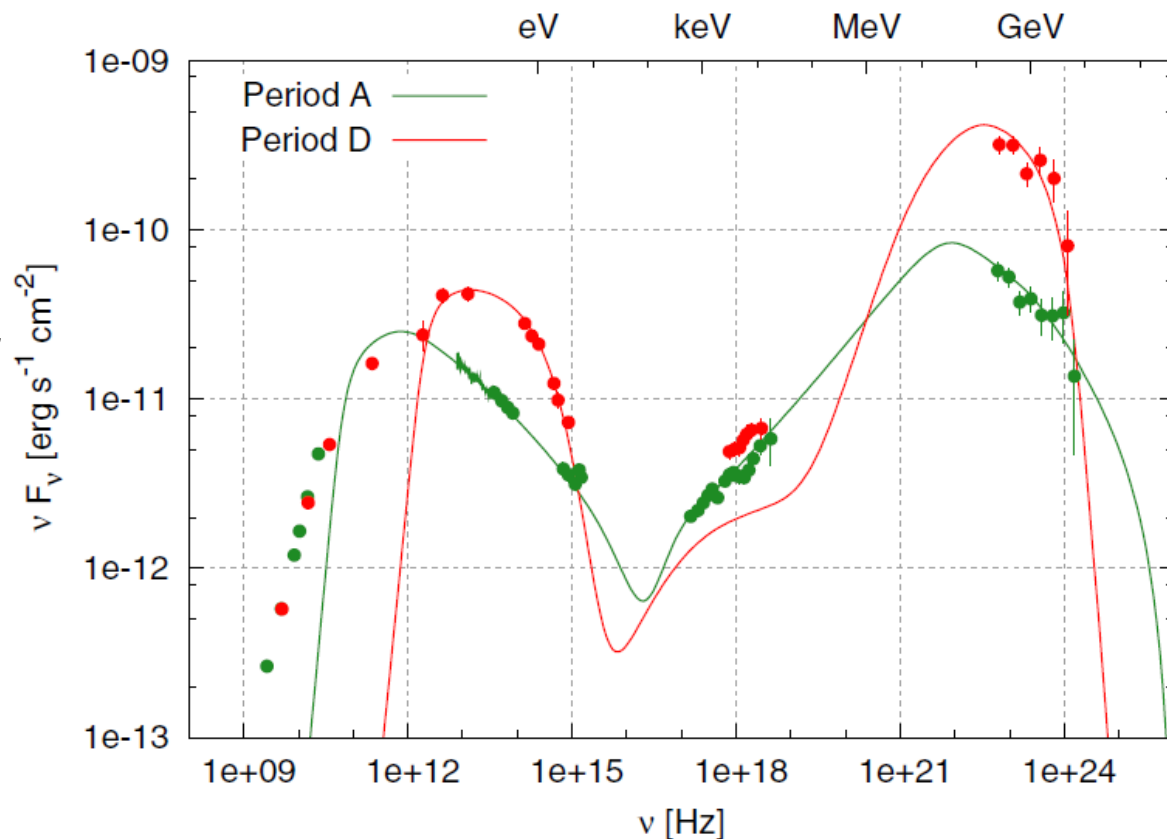
2. 短時間変動の存在

# 中間赤外線観測

3C 279 ; Hayashida+12

ガンマ線フレア期に  
遠-中間赤外線帯域で  
“折れ曲がり”構造が出現

複数放射領域+  
電子スペクトルの  
ピーク位置移動?  
低エネルギーカットオフ?



3C 454.3, PKS1510-089などいくつかの天体でも、  
中間赤外線大気で同様の折れ曲がり構造が存在か？

# 加速機構モデルの精密化

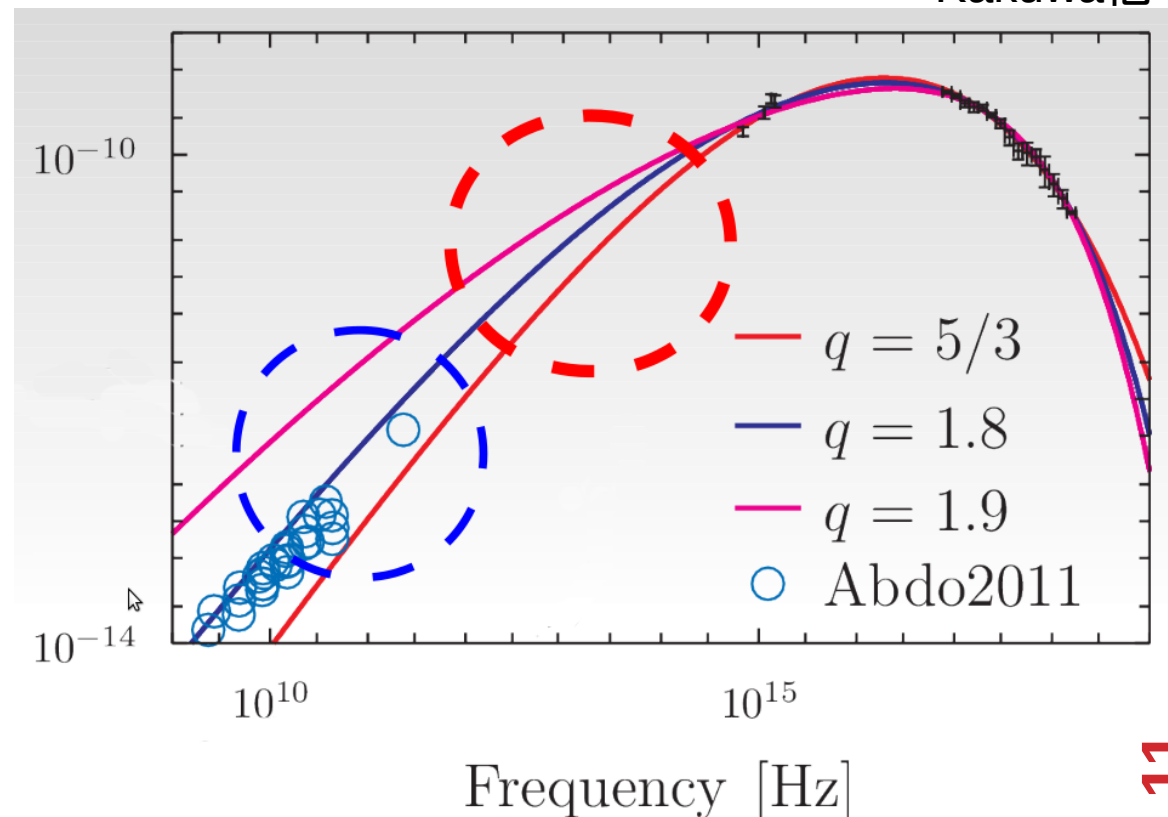
これまでのモデルフィッティングでは、  
観測されたシンクロトロン放射スペクトルを説明するため  
現象論的に電子スペクトルの形状に折れ曲がり構造を仮定

フェルミ二次加速による物理的な理解が試みられている

Kakuwa他

電波帯域：  
ローブからの放射  
が重なってしまう

モデルの検証に  
重要な帯域

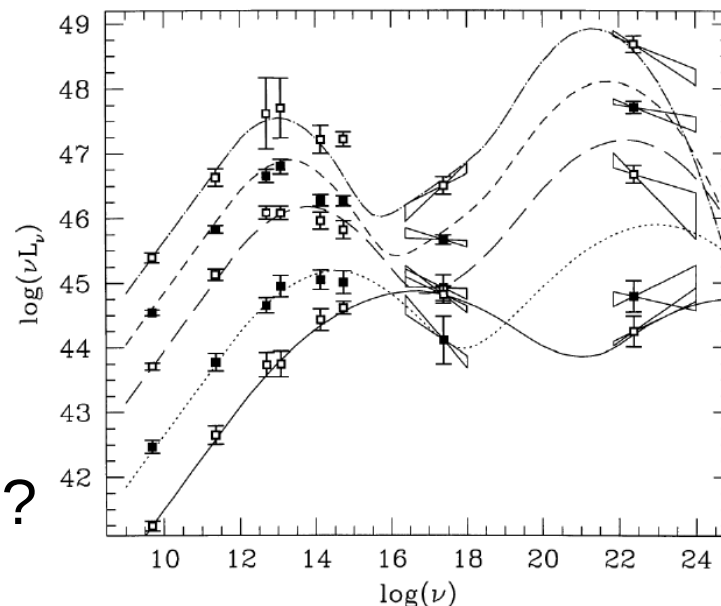


# トーラス放射の制限

可視光帯域にピークを持つブレーザーでトーラス成分が見える可能性が高い

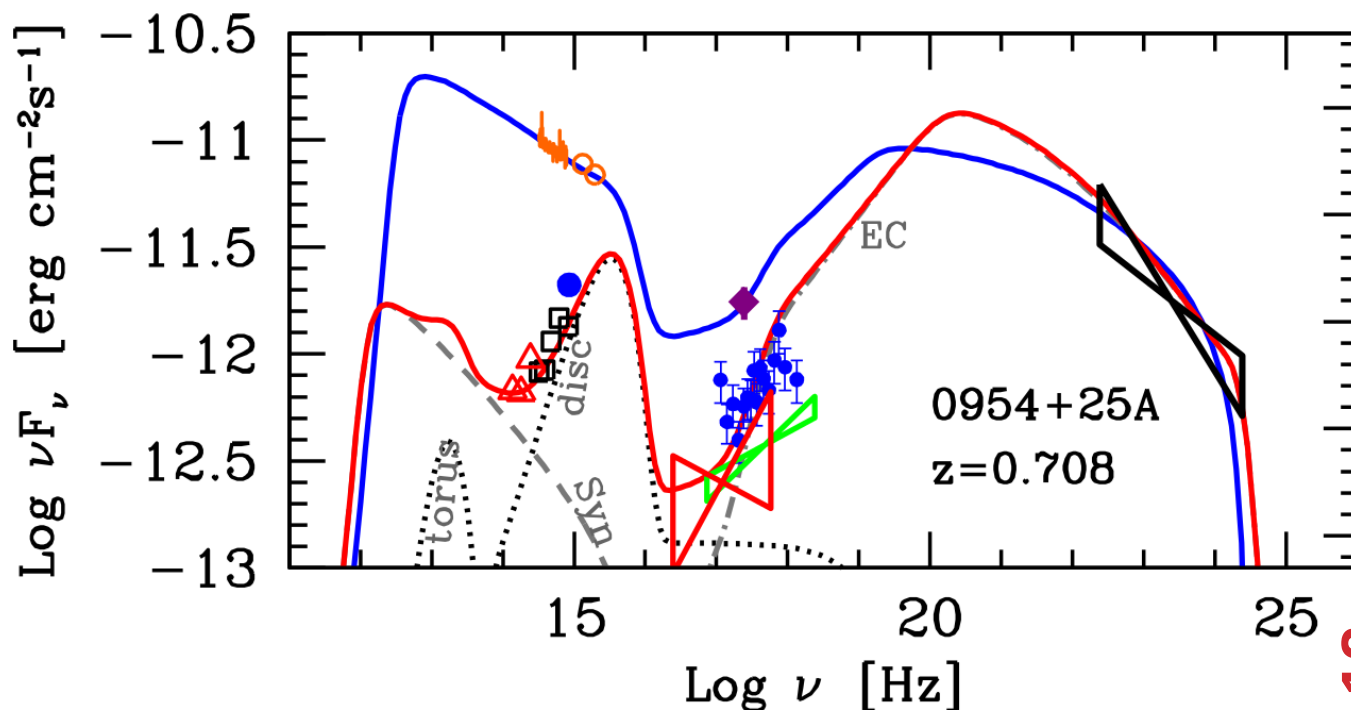
$z < 0.2$  程度のブレーザーで、検出可能?

Fossati+98



ERC放射の  
種光子直接制限

ジェット形成史の  
観点からも  
興味深い



# MIMIZUKUによる AGNジェット観測の可能性

人工衛星による中間赤外線観測のデメリット

- 突発天体に対する柔軟性が低い
- 密なモニター観測などに不向き

MIMIZUKU + 多波長連携によるモニター観測は、  
AGNジェットの放射モデル精密化において非常に  
魅力的な観測

# 解決すべき問題点

1. 中間赤外線帯域の”空白”

2. 短時間変動の存在

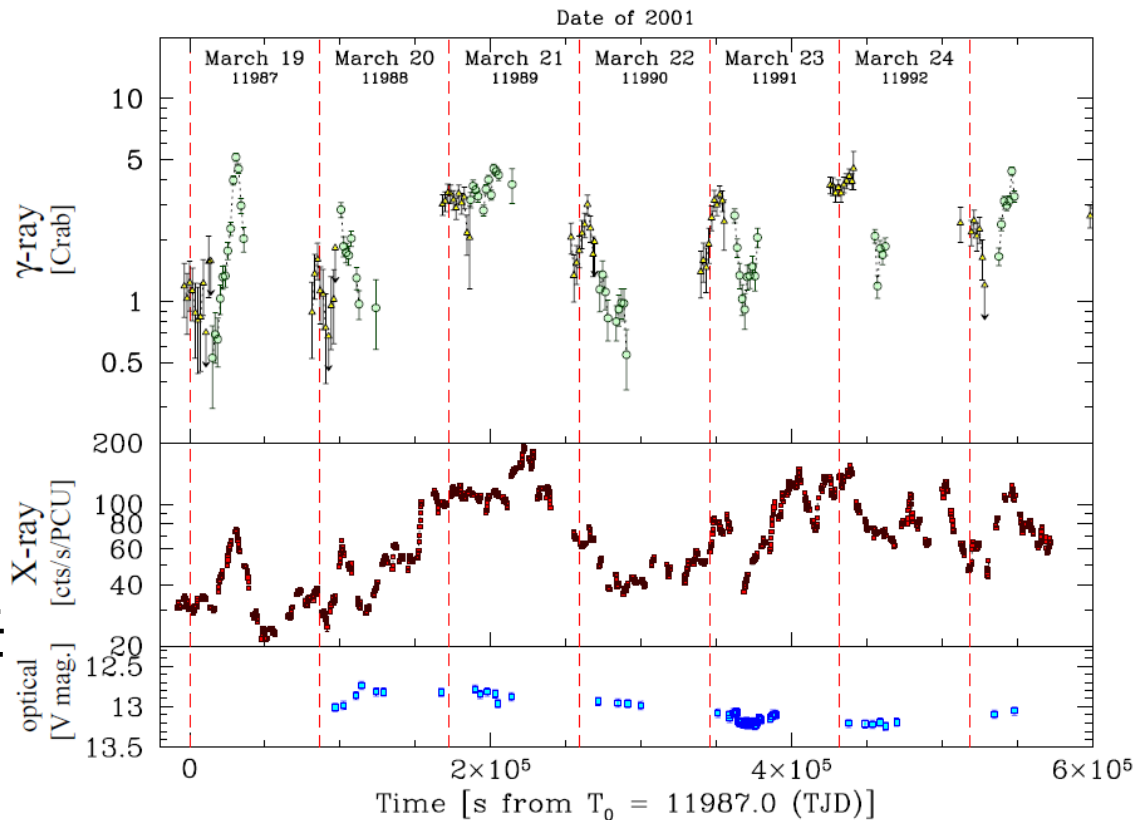
# 短時間変動

Mrk 421 ; Fossati+08

数分から数時間での  
大きな変動(5-10倍)

あらゆる帯域で観測  
されている

現在の多波長観測の  
タイムスケールと大きな差



## SED モデリングの大きな不定性の原因

# MW OBSERVATION

数日→数時間の多波長観測

MIMIZUKU



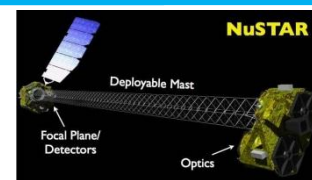
電波望遠鏡



可視望遠鏡群(OISTER)



X線望遠鏡



ASTRO-H  
(2015?-)



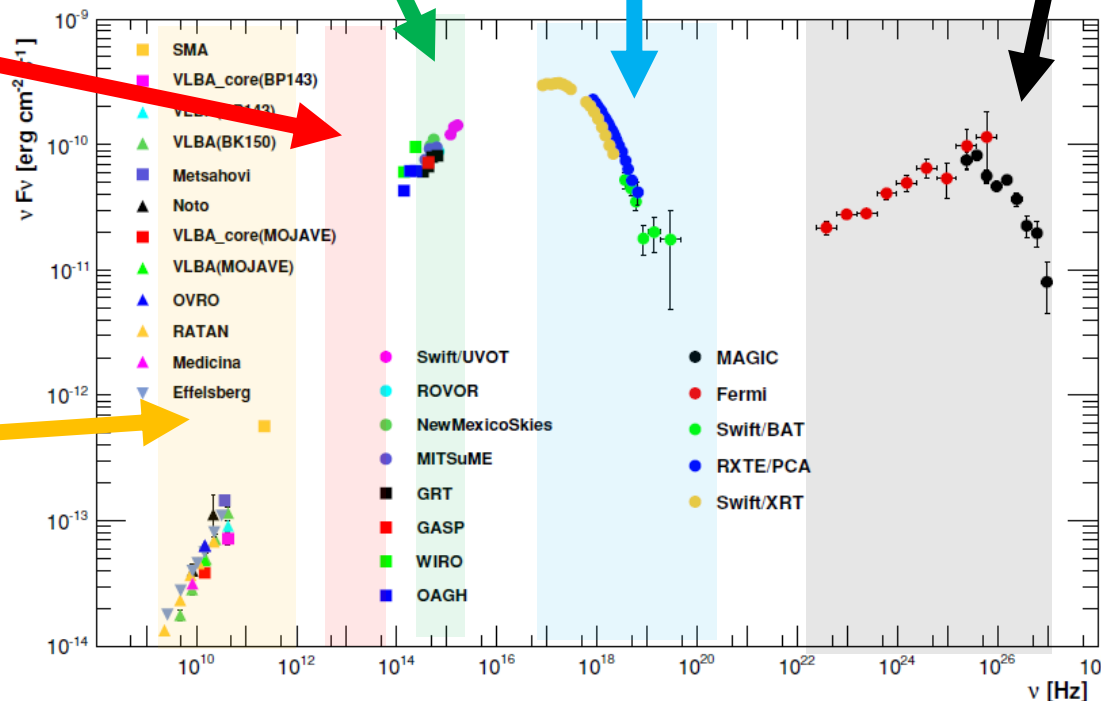
Swift

ガンマ線望遠鏡

CTA (2017?-)



Fermi



# 電子加速時間での**SED**進化

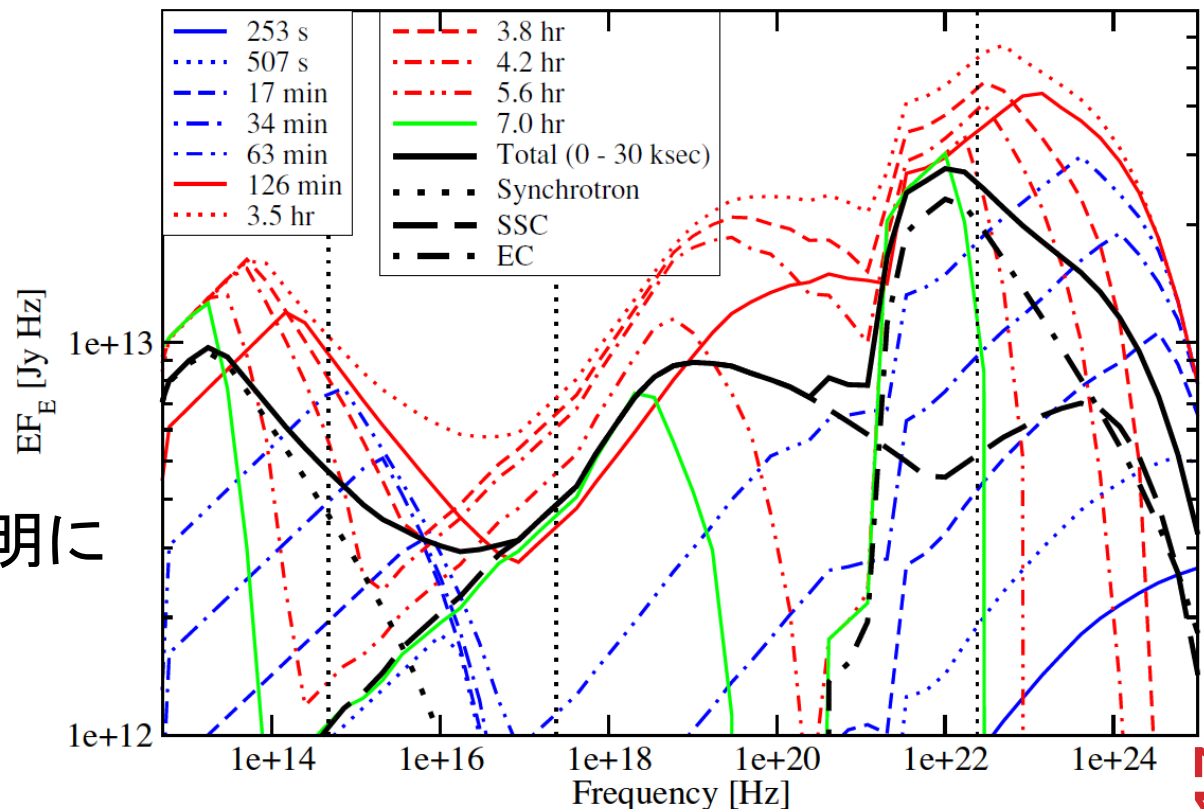
単一領域 or 複数領域 ??

低エネルギー電子カットオフ位置は??

Synchrotron Self Absorption??

Bottcher+10

荷電粒子加速機構解明に  
大きな足掛かり



# 放射領域制限

数時間変動 ~ 数週間変動の比較

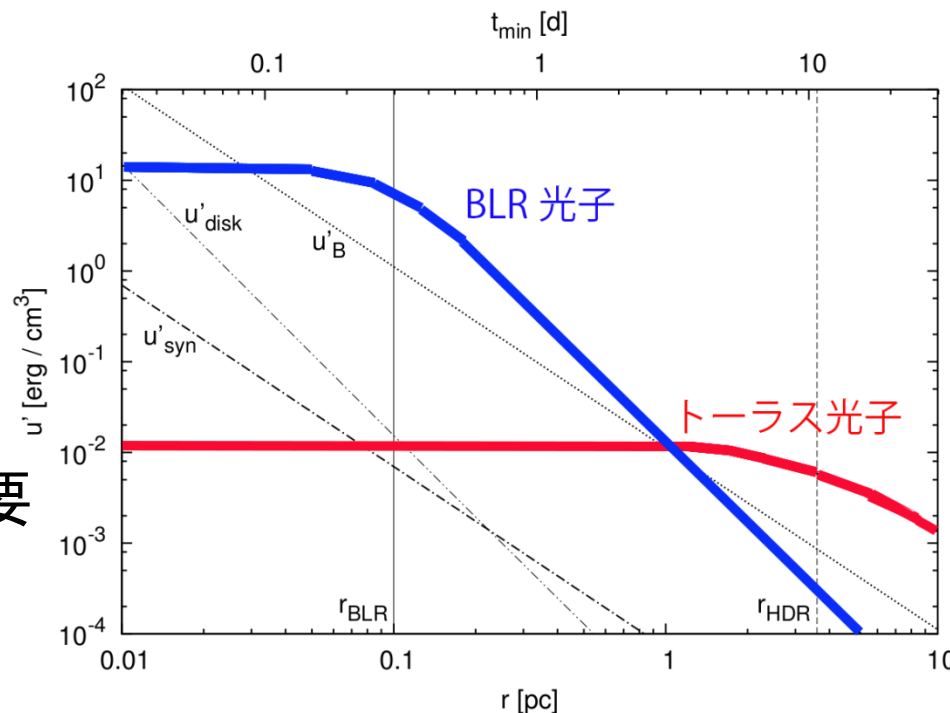
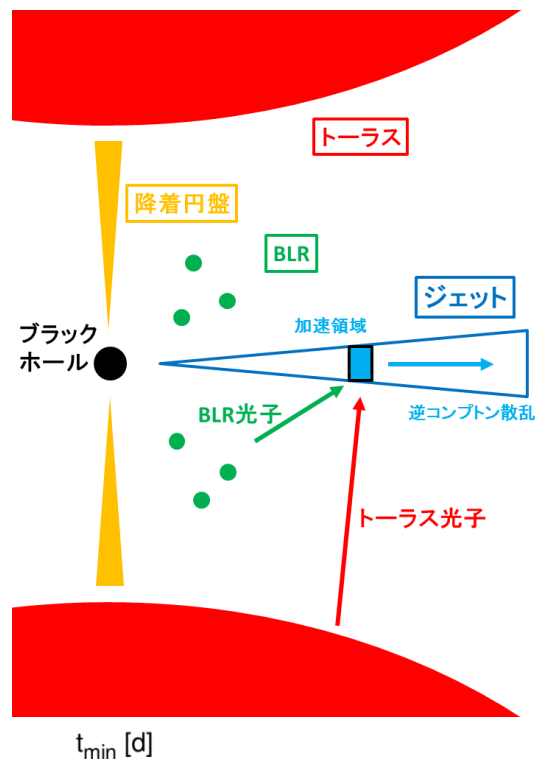
トーラス放射の直接制限

+

タイムスケールによる制限

=

放射領域の制限

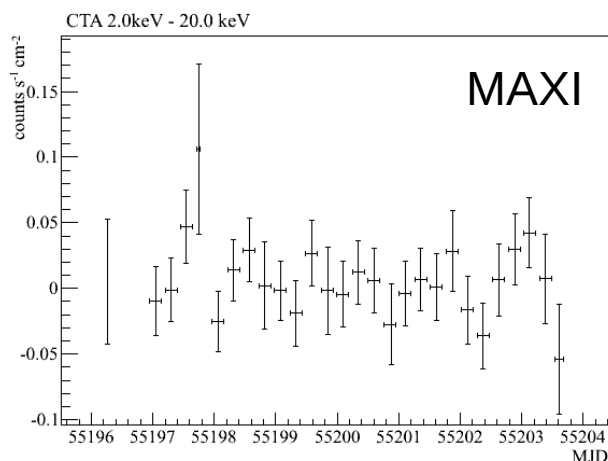


長期にわたるモニター観測と  
集中的な多波長同時観測が重要

# 短時間多波長観測例

2012年9月に起きたCTA 102フレアの  
光赤外線大学間連携による同時観測

中間赤外線+MWでの短時間変動  
観測の準備は整いつつある!

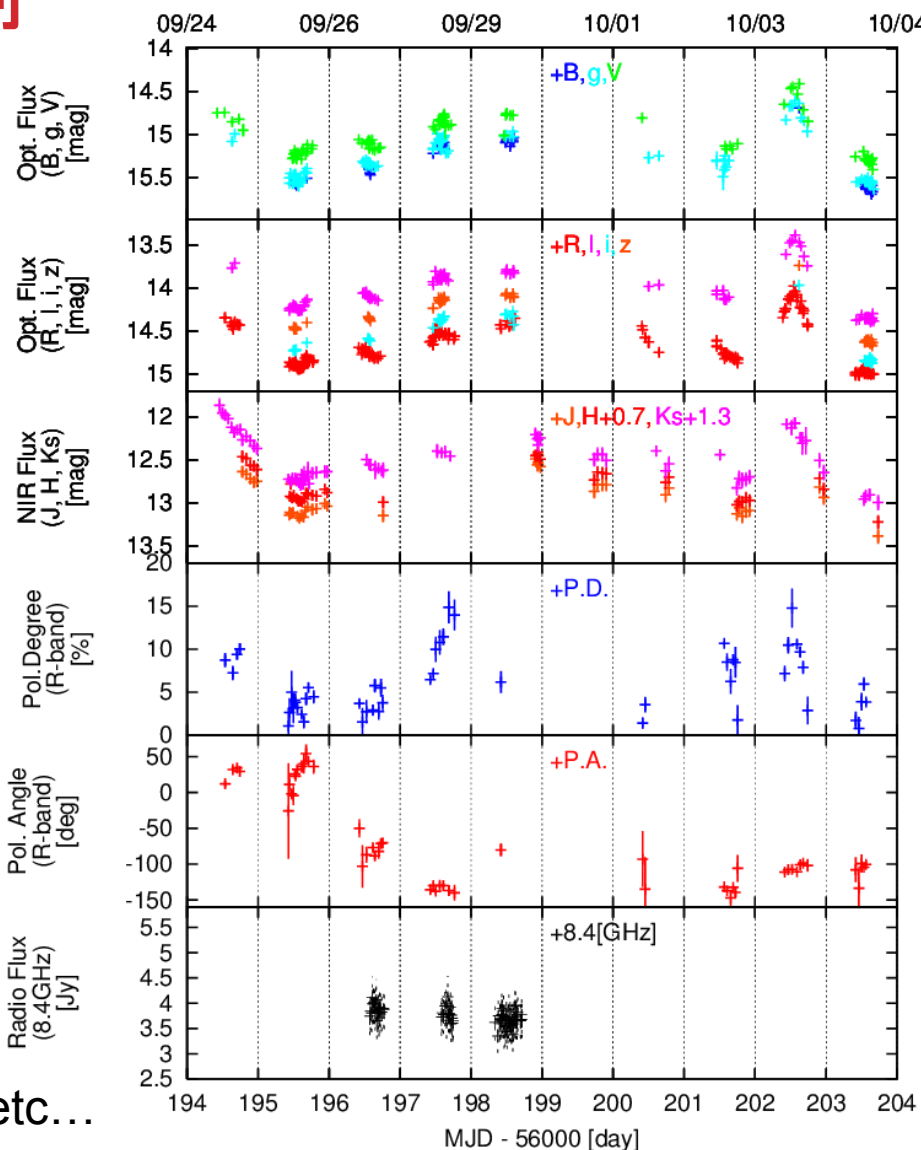


2013/05/24

MIMIZUKU WS

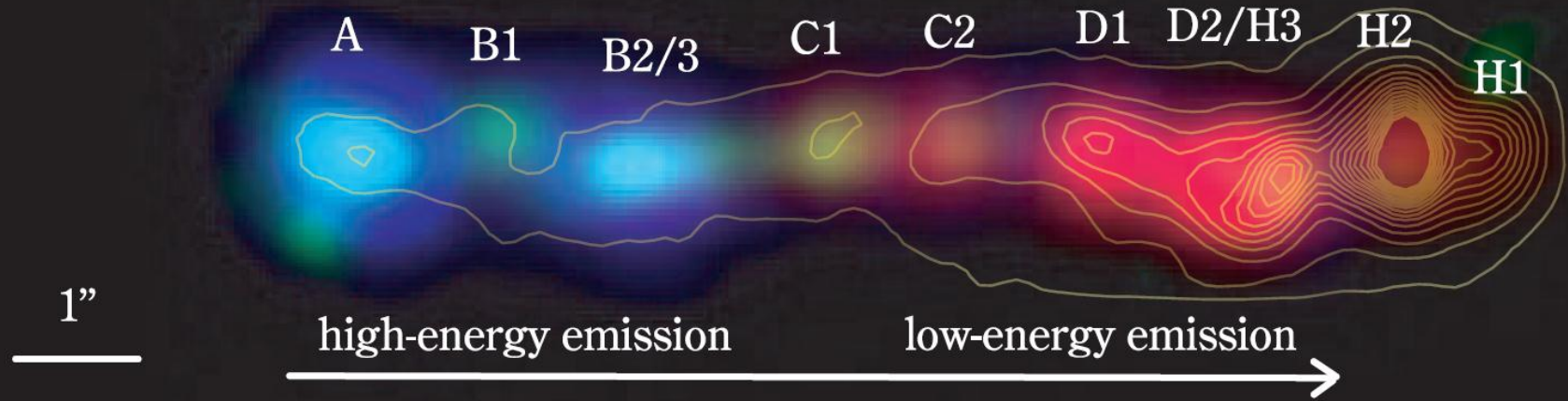
他  
Fermi観測etc...

CTA 102 ; Itoh+13



# LARGE SCALE JET

3C 273 jet VLA Spitzer\* Hubble Chandra (\* deconvolved)



kpc スケールジェットの構造  
ジェット外部ほど、低エネルギー放射が支配的  
ブレーザーに限らず、多くのジェットを持つ天体がターゲットに  
(MIMIZUKUで見えるかは要検討)

# SUMMARY

- 放射領域と加速機構制限において、中間赤外線観測は非常に重要
- 多波長観測時代において、突発現象に対する柔軟な運用体制と長期モニター観測が実施できるMIMIZUKUのアドバンテージは高い
- 多波長短時間変動による加速機構解明が実現されれば、インパクト大