

# X線の時間変動

4B 桑原

ブラックホール候補天体からのX線放射は  
様々なタイムスケールで数桁に及ぶ変動が起きる

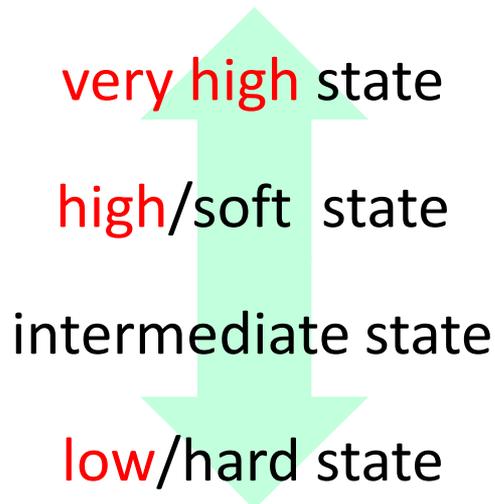
ミリ秒から数十年単位

## ・長いタイムスケールの変動

降着円盤の形状の変化が原因と考えられている

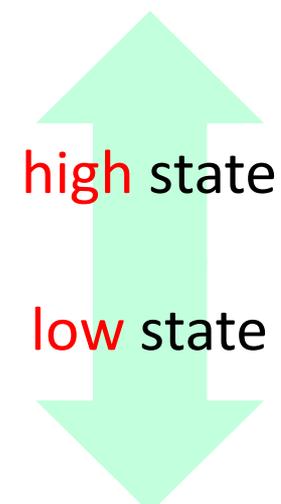
### 恒星質量BH

いくつかの状態(state)を遷移する



### ULX

あまり状態遷移をしない



# 恒星質量BHの状態 State

very high state

非常に明るい状態

diskbb + powerlaw

電子雲によって円盤からの放射の一部が逆コンプトン散乱していると考えられている

---

high/soft state

放射効率が良くて明るい

diskbb + powerlaw

質量降着率が高くて光学的に厚い

---

intermediate state

状態遷移中の状態

---

low/hard state

放射効率が悪くて暗い

powerlaw

質量降着が少なくて光学的に薄い  
放射メカニズムはよくわかっていない

---

## ・短いタイムスケールの変動

ブラックホール連星ではhard stateかintermediate stateでみられやすい  
変動を確かめやすいように  
ライトカーブをフーリエ変換したパワースペクトルを用いる

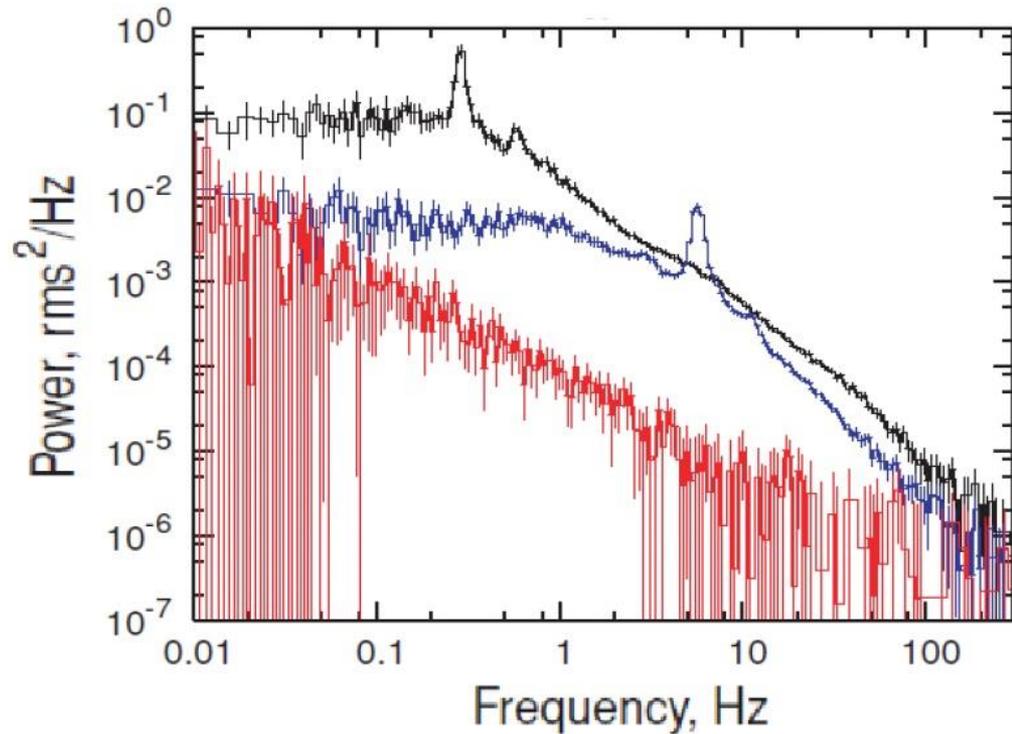
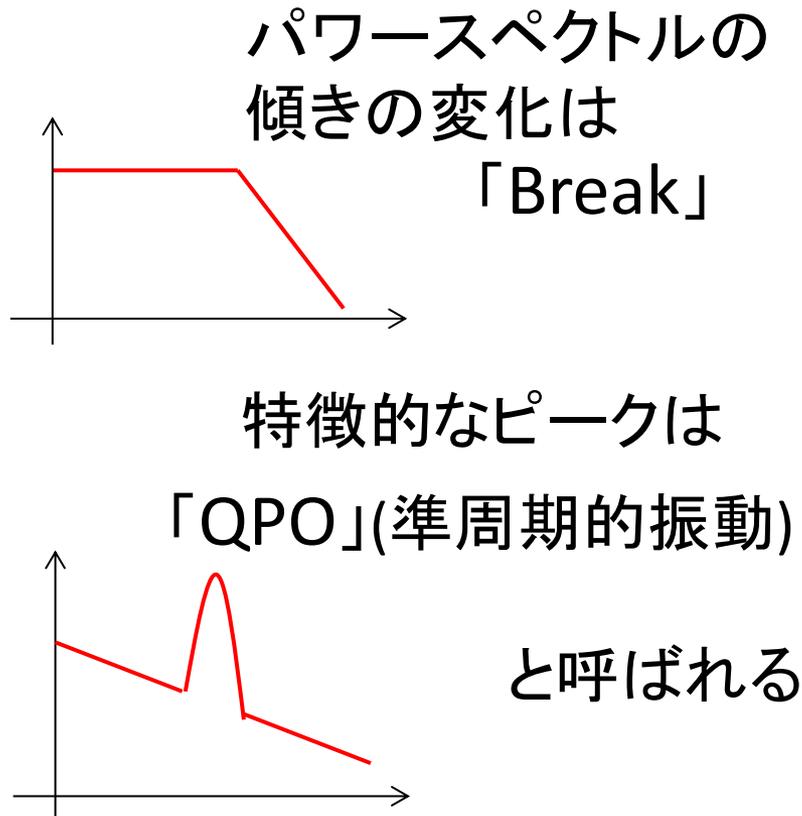
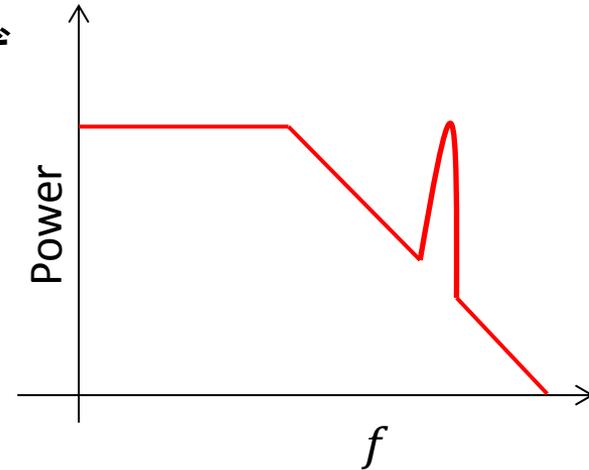


図1. 恒星質量BHのパワースペクトル  
(shaposhnikov et al. 2009)

# 準周期的振動 Quasi-periodic Oscillation(QPO)

振動が周期的なら一つの周波数に集中するはず

ピークが幅を持っているということは  
振動の周期が変化しているか  
わずかな回数しか繰り返されていないことが考えられる



一般的にQPOはLorentzianモデルで再現される

QPOの振動数は天体の系の大きさに関係すると考えられ  
ブラックホールならその半径から質量を求めることができる

ブラックホールのQPOは発生原因がよくわかっていない？

エピサイクリック振動と呼ばれる円盤内ガスの共振現象によって  
円盤全体が振動してガスの公転と一致した周期の光度変動が生まれる

# パワースペクトル

時間変化する電気信号

$x(t)$  ← ライトカーブ

フーリエ変換

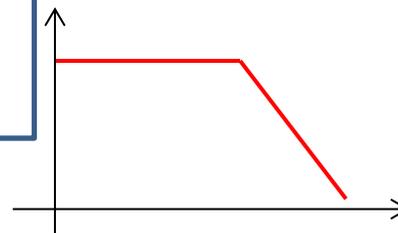
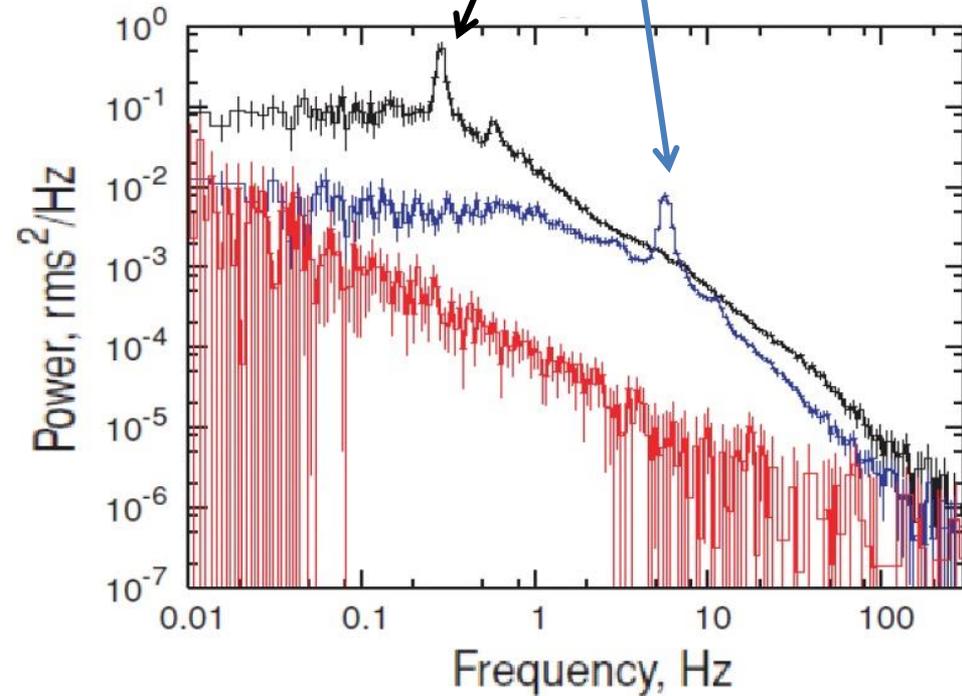
$X(f)$

パワースペクトル

$$P(f) = |X(f)|^2$$

強度 = |振幅|<sup>2</sup>

この周波数への光度変動が多くあったということがわかる



ちなみにこの台形のことを「flat-top型」と呼ぶ  
Very high stateならこれになる

# 論文：『Detection of strong short-term variability in NGC6946 X-1』

Rao, Fengyun; Feng, Hua; Kaaret, Philip 2010

## Abstract

XMM-Newtonの観測データ2つを解析することでNGC6946 X-1が  
mHzスケールでは最も変動するULXであることを確認した

周波数1～100 mHzの範囲で統合したrms振幅の60%が変動

強度スペクトルはflat-top型をしていて  
3 mHzでBreak, 8.5 mHz付近でQPOがみられた

内縁温度は $T_{in} \cong 0.18$  keV

PowerlawのPhoton index  $\approx 2.2$

$10^3 M_{\odot}$  オーダーの質量を持つブラックホールを構成するだろう