

大質量X線連星 1A 0535+262 の光度曲線の解析

東京工業大学
学士4年 館田麻寛

共同研究者：河合誠之、谷津陽一、高橋一郎
村田勝寛、笹田真人、庭野聖史、細川稜平
(東京工業大学)

BeX線連星(BeXB)の周期的な増光

BeXBは周期的にX線で増光

原因：伴星が接近

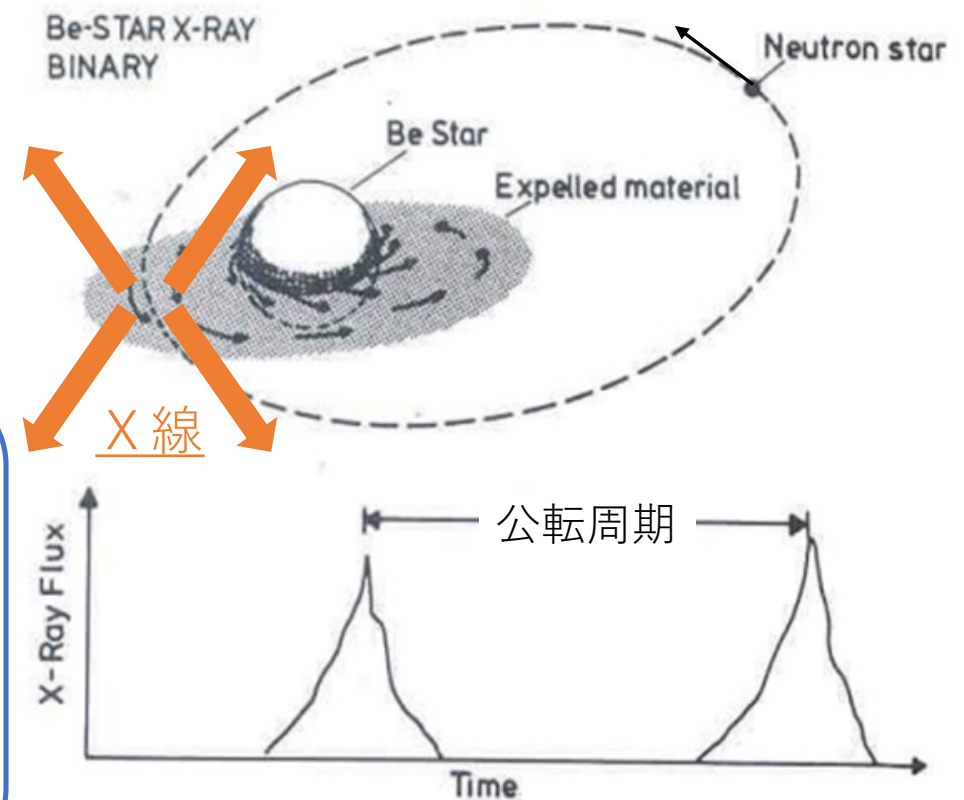
→星周円盤のガスを取り込む

→質量降着しX線で増光

可視光についてはあまり直接的に調べられてない



目標：可視光での変動を調査



可視光望遠鏡

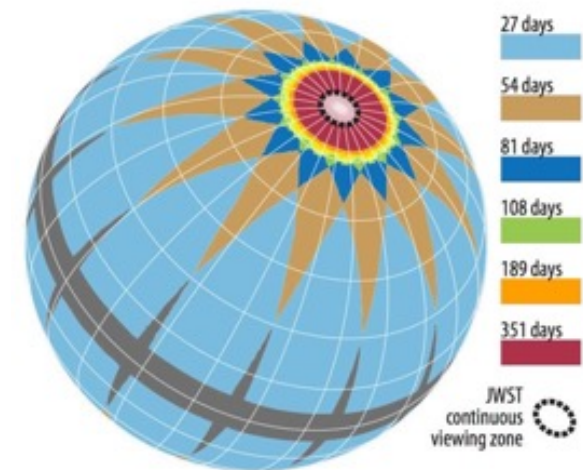
TESS(Transiting Exoplanet Survey Satellite)

- 2分ごとのデータを使用
- 2年間で全天の約 85%を観測
- 波長帯 600 ~ 1000 nm
- 連続して約27日間観測

- 昼夜問わず観測し続けることができるので密なデータを得ることができる
- 大気の影響を受けずに精度良く観測できる



https://space.skyrocket.de/doc_sdat/explorer_tess.html



X線観測装置

BAT(Swift's Burst Alert Telescope)

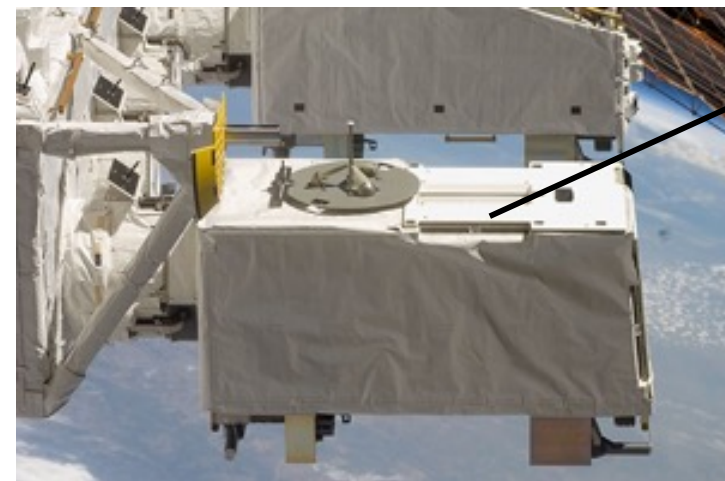
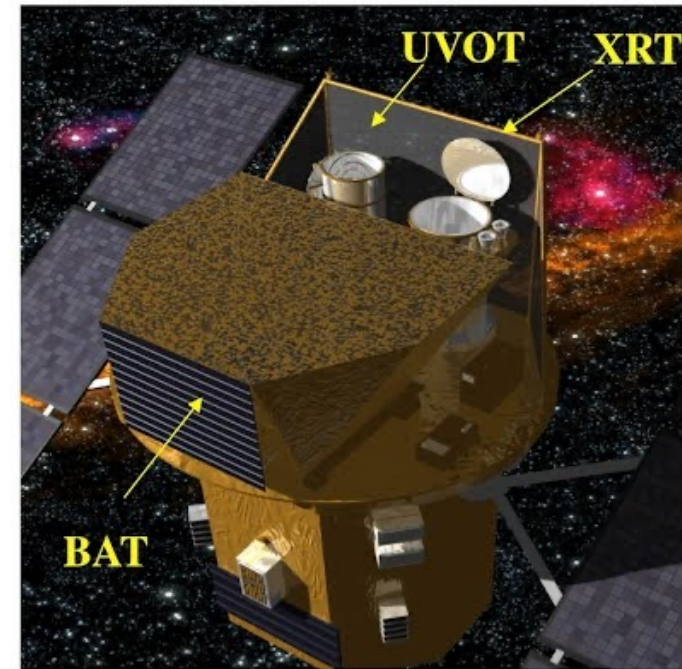
- Swift衛星に搭載
- 観測エネルギー帯： 15~150 keV

全天X線観測装置MAXI(GSC)

- 約90分周期で全天の90~98%を走査
- 観測エネルギー帯： 2~20 keV

どちらも昼夜問わず広い視野
でほぼ連続的に観測可能

<http://www.yoshida-agu.net/research/swift?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
<https://humans-in-space.jaxa.jp/biz-lab/experiment/ef/maxi/>



大質量X線連星 1A 0535+262

1A 0535+262はTESSの3つの
観測領域で連続観測

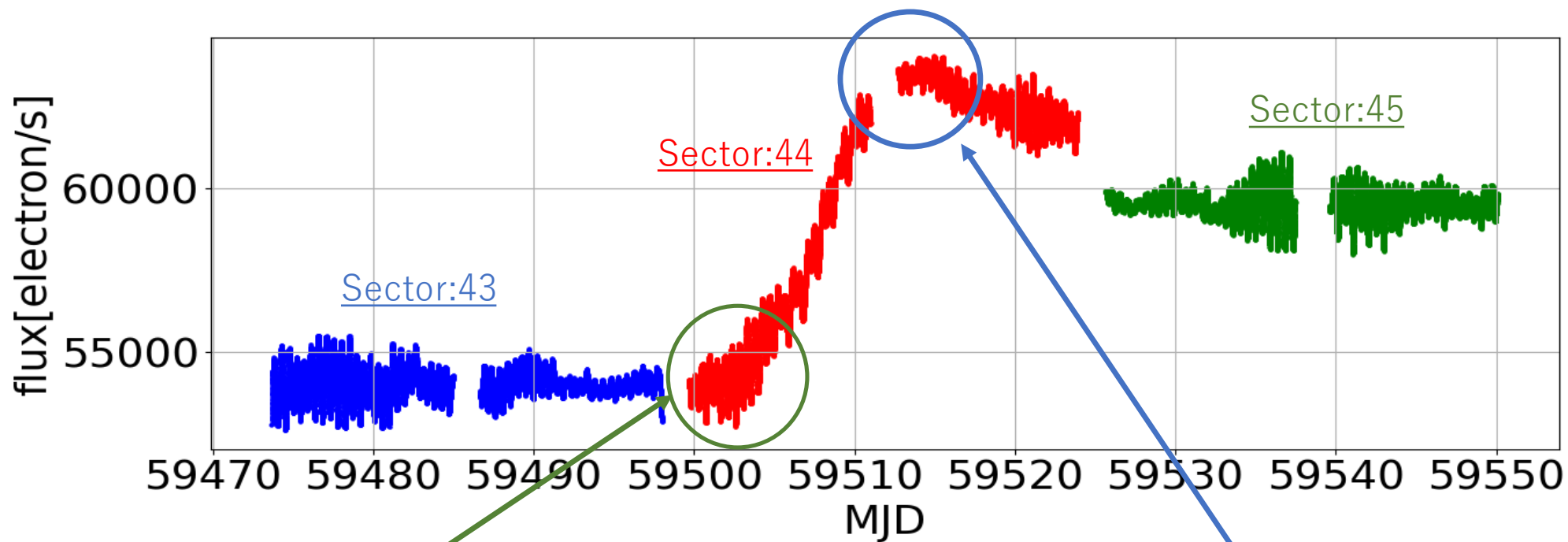


TESSの観測期間内に「周期的
なX線での増光」に起因すると
思われる増光を確認

1A 0535+262の詳細パラメータはAtsuo T.
Okazaki et al.(2013)から引用

名称	V725 Tau
スペクトル型	O9.7IIIe
質量 M_* ($M_\odot$)	25
半径 R_* ($R_\odot$)	15
有効温度 (K)	26000
星周円盤のパラメータ	
温度 T_d (K)	15600
中性子星のパラメータ	
質量 M_X ($M_\odot$)	1.4
半径 R_X (cm)	10^6
軌道パラメータ	
軌道周期 P_{orb} (d)	110.2
離心率 e	0.47
質量比 q	0.056
半長軸 a (cm)	2.0×10^{13}

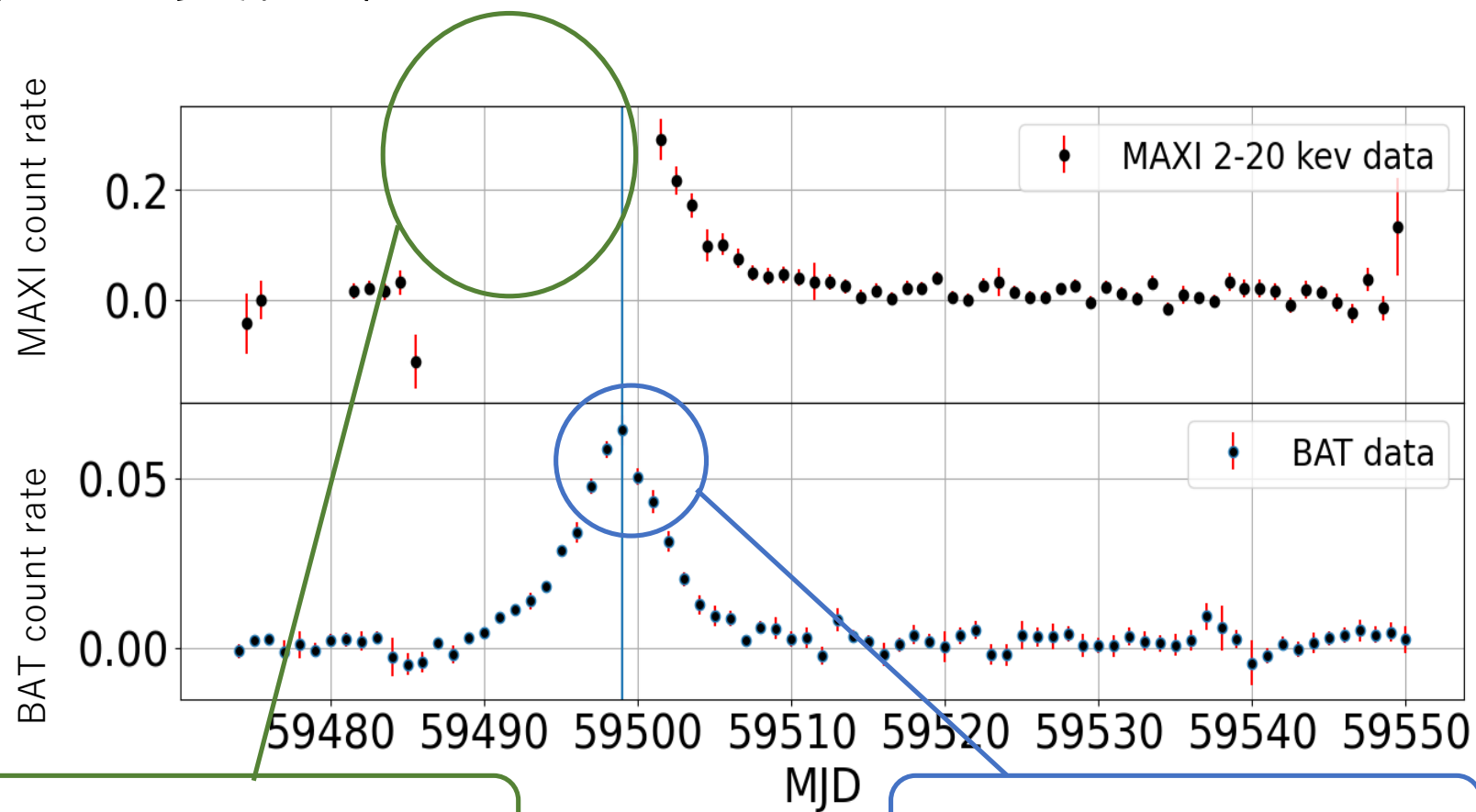
可視光光度曲線



MJD=59500付近から
フラックス増加開始

MJD=59511から
MJD=59515でピーク
約18%増光

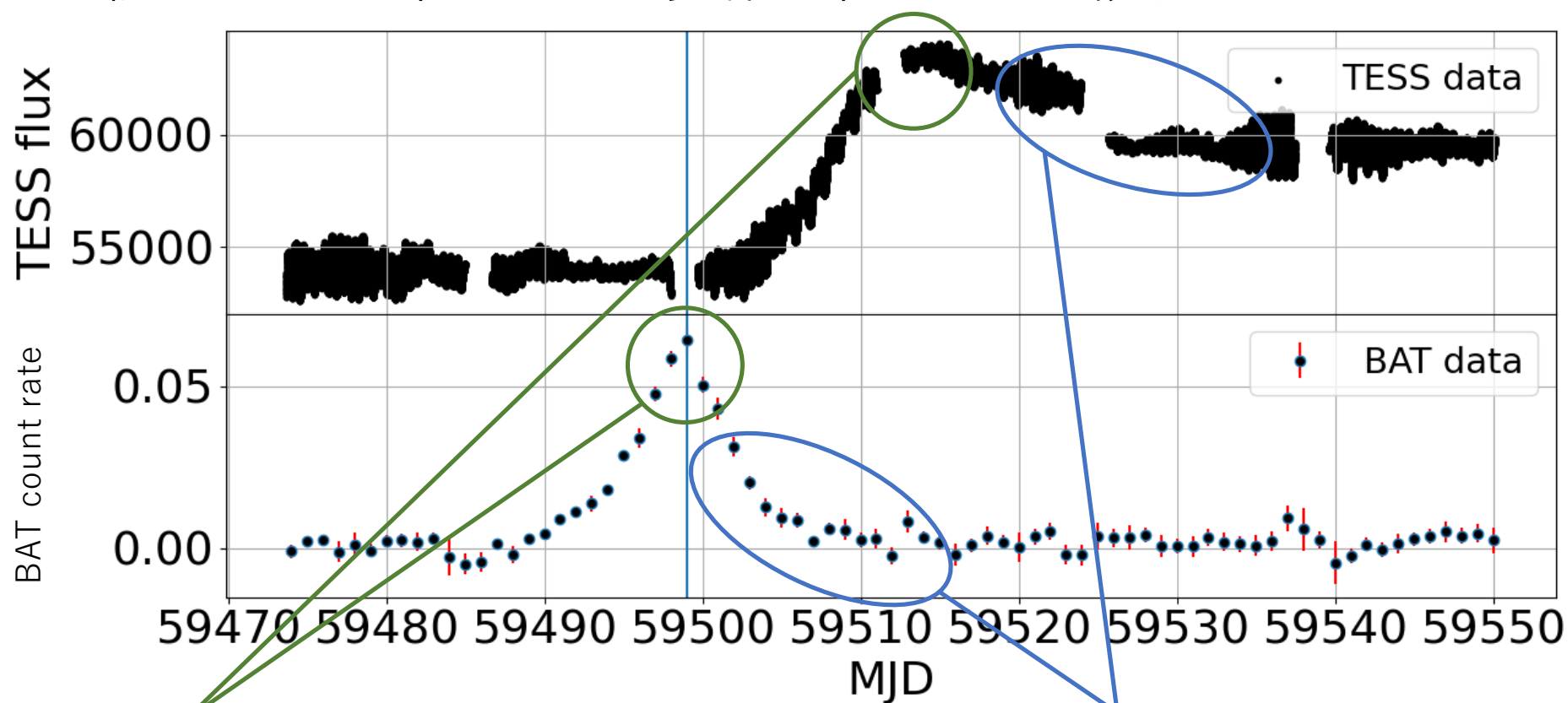
X線光度曲線



MAXIのデータが欠損

MJD=59498でピーク

可視光とX線の光度曲線の比較



ピークのずれ
(約12日程度)

減光の仕方の違い

星の脈動

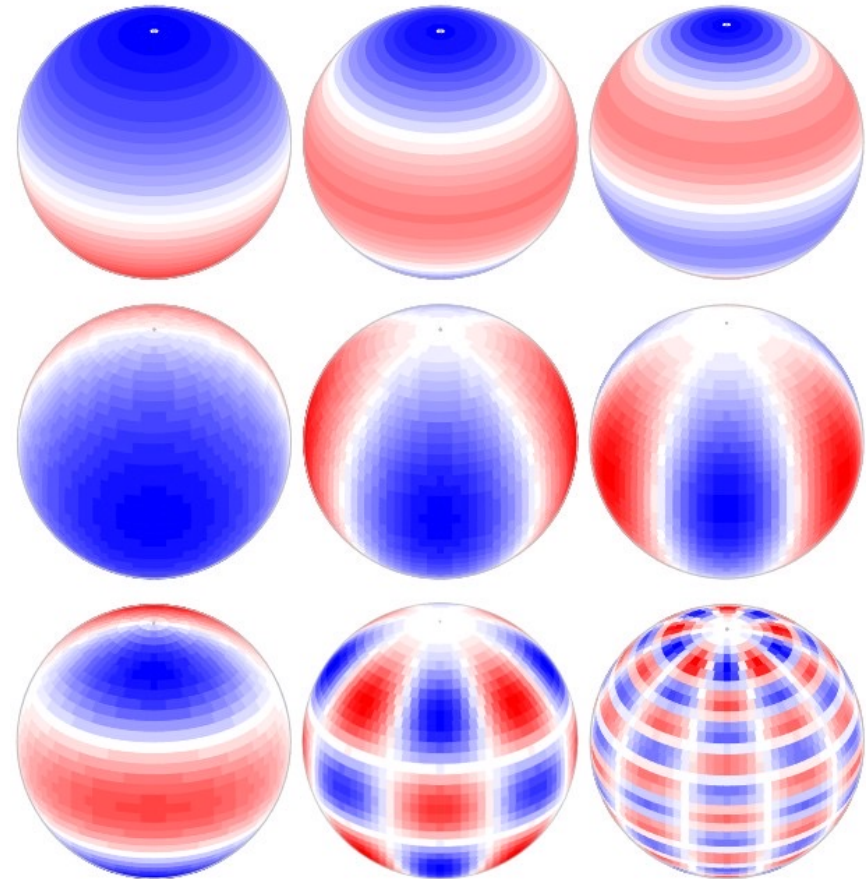
脈動：星の膨張・収縮を繰り返す固有振動



脈動により光度が周期的に変化

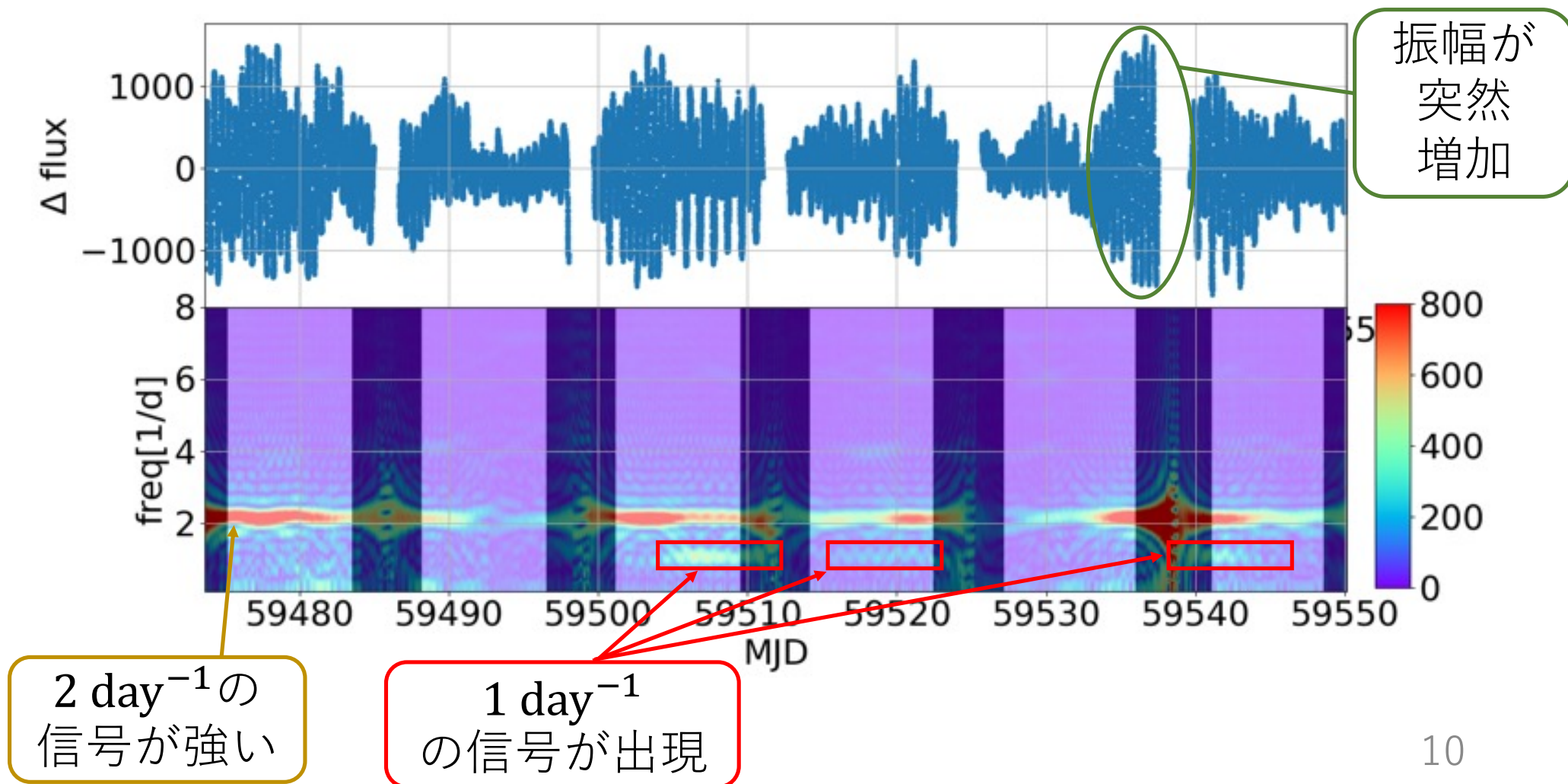
光度変化がBe星でも確認済み
中性子星の接近でどう変わる？

(赤線が膨張、青線が縮小)

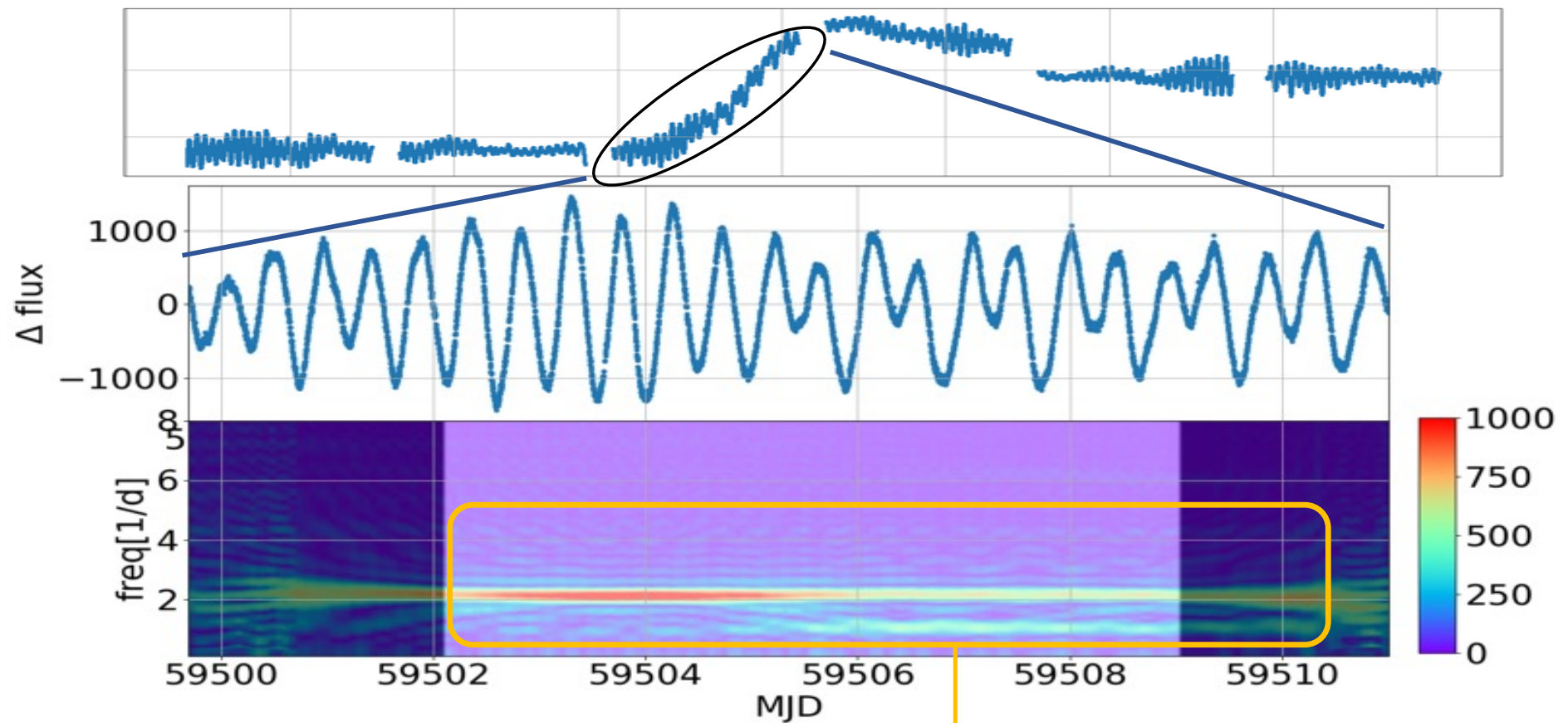


図はC. Aerts. 『Probing the interior physics of stars through asteroseismology』 から引用

長期トレンドを除いた光度曲線とtime frequency diagram



TESSのtime frequency diagram



2 day^{-1} の信号が小のタイミングで1 day^{-1} の信号が大

結果のまとめ

長期的な変動

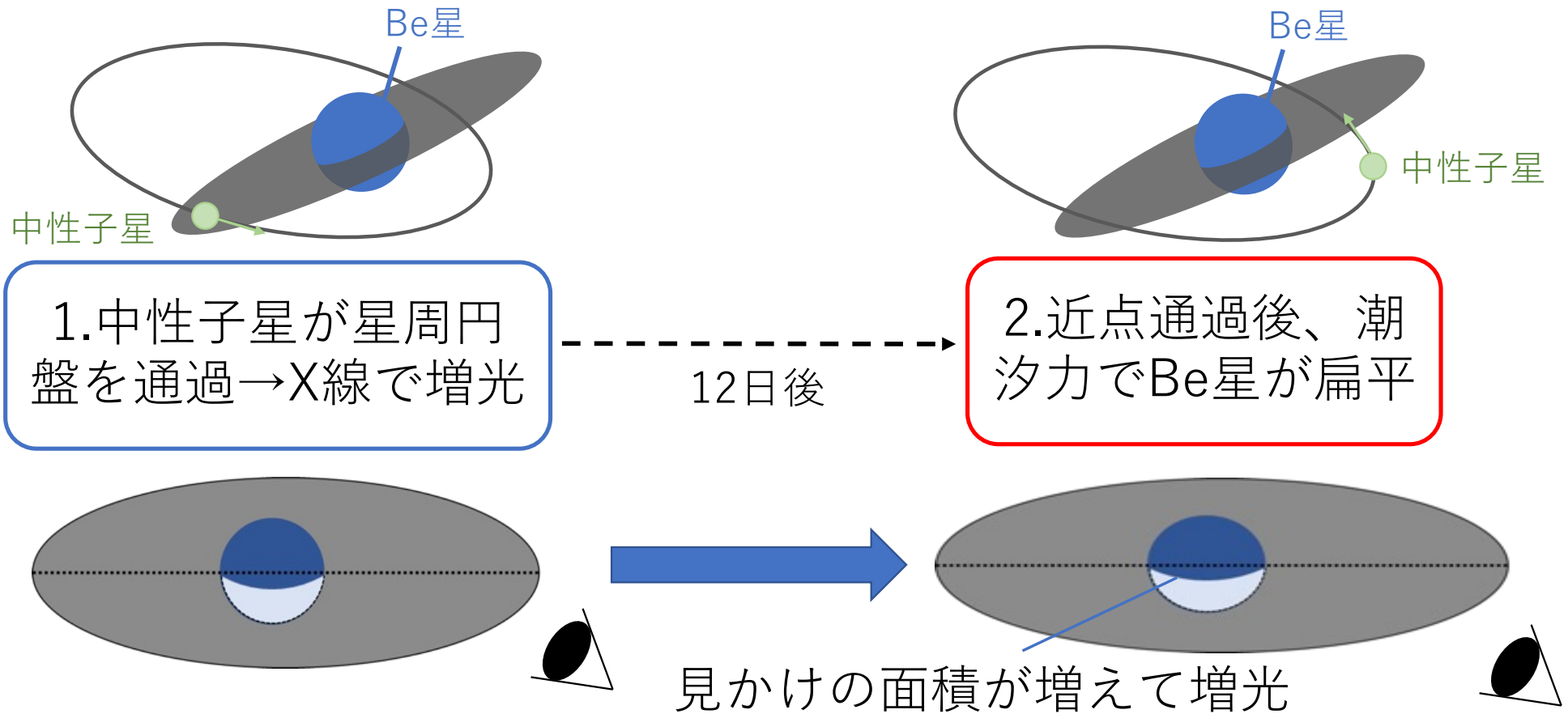
- 可視光で約18%の増光
- X線での増光
- 可視光とX線で約12日程度のピークのずれ
- 可視光とX線での減光の違い

短期的な変動

- 2 day^{-1} の信号がほぼ全期間通じて見えている
- 1 day^{-1} の信号の出現と消失
- 2 day^{-1} の信号が弱まり、 1 day^{-1} の信号が強まる

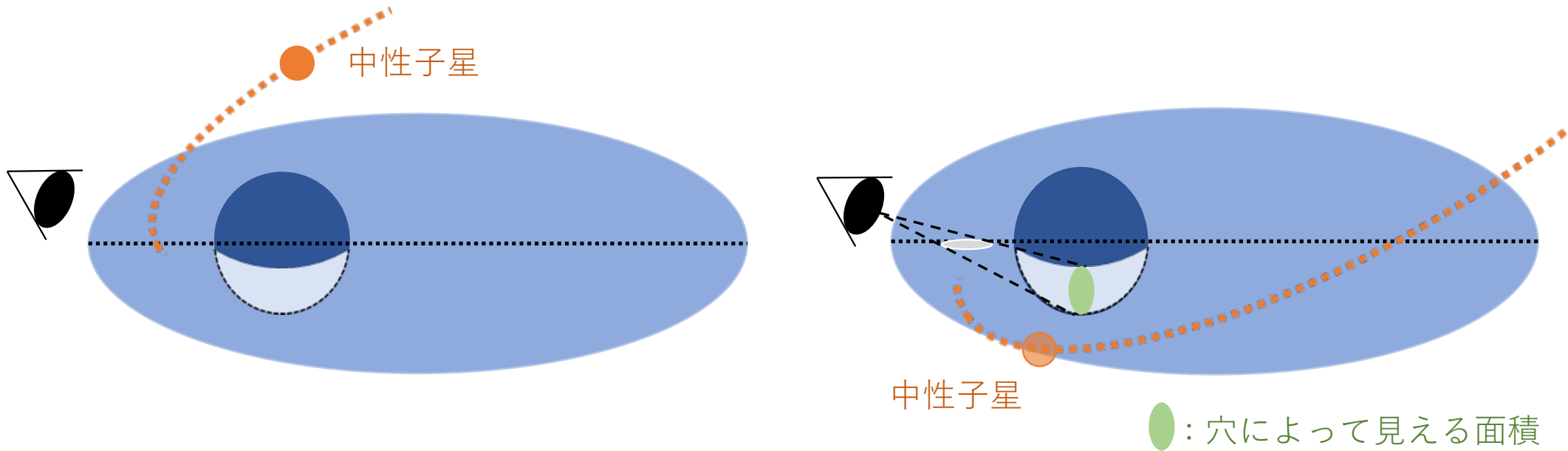
これら全てを説明できるような
モデルの構築を目指す

仮説①(潮汐力によって変形するモデル)

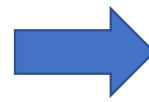


「 1 day^{-1} の信号の出現と消失」を説明することが難しい

仮説②(穴が開いて増光するモデル)

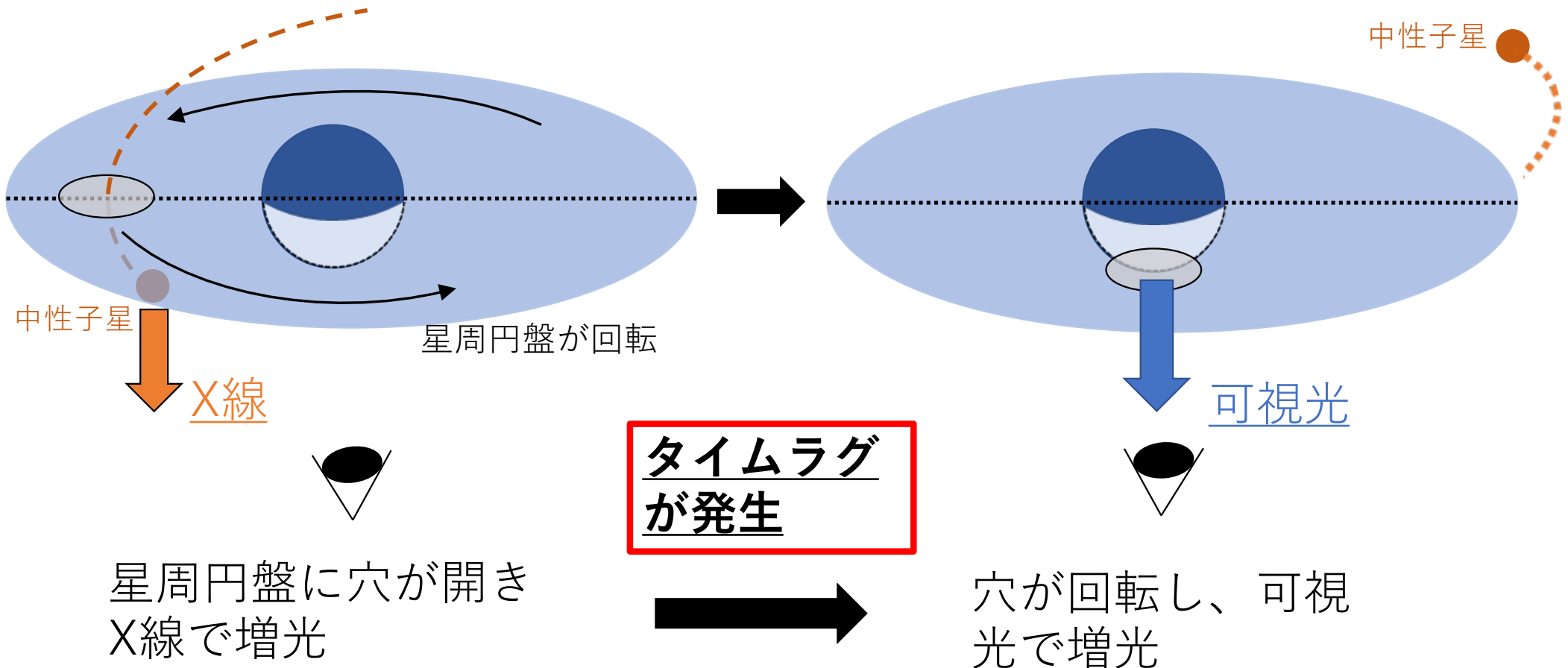


星周円盤を通過することで穴が開く



今まで星周円盤で隠されていたBe星表面が見えることで増光

仮説②(穴が開いて増光するモデル)



「可視光の緩やかな減光」を説明することが難しい

まとめ

- 可視光とX線の増光とタイムラグ
- 新たな振動の出現と消失

を説明するモデルとして

1. 潮汐力によって変形するモデル
2. 穴が開いて増光するモデル

が考えられるが、説明可能なものと不可能なものがある

確認された現象	1. のモデル	2. のモデル
可視光での約 18% の増光	△	△
X 線での増光	○	○
可視光の増光と X 線での増光のタイミングのずれ	△	△
可視光の緩やかな減光	△	×
1 day ⁻¹ の振動の強度の増加	○	○
1 day ⁻¹ の振動の出現・消失	×	△

今後の展望

- X線での増光は周期的に起こる
→ X線で増光するタイミングで地上から可視光で観測
- X線での周期的な増光は赤外線でどういう増光をしているのか？
→ 赤外線と可視光とX線でのデータを比較
→ 正確なモデルの提案

より深い観測が必要