



2019シーズンの木星面

(Jupiter in 2019 Apparition)

東亜天文学会木土星課／月惑星研究会

堀川 邦昭

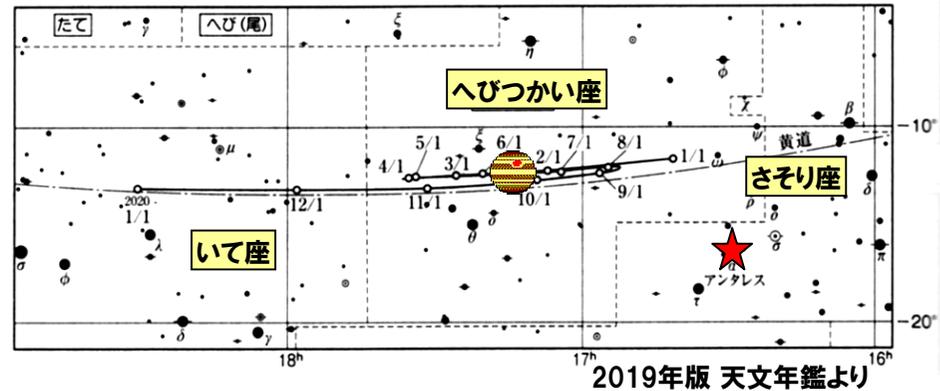
第42回木星会議 セッション資料



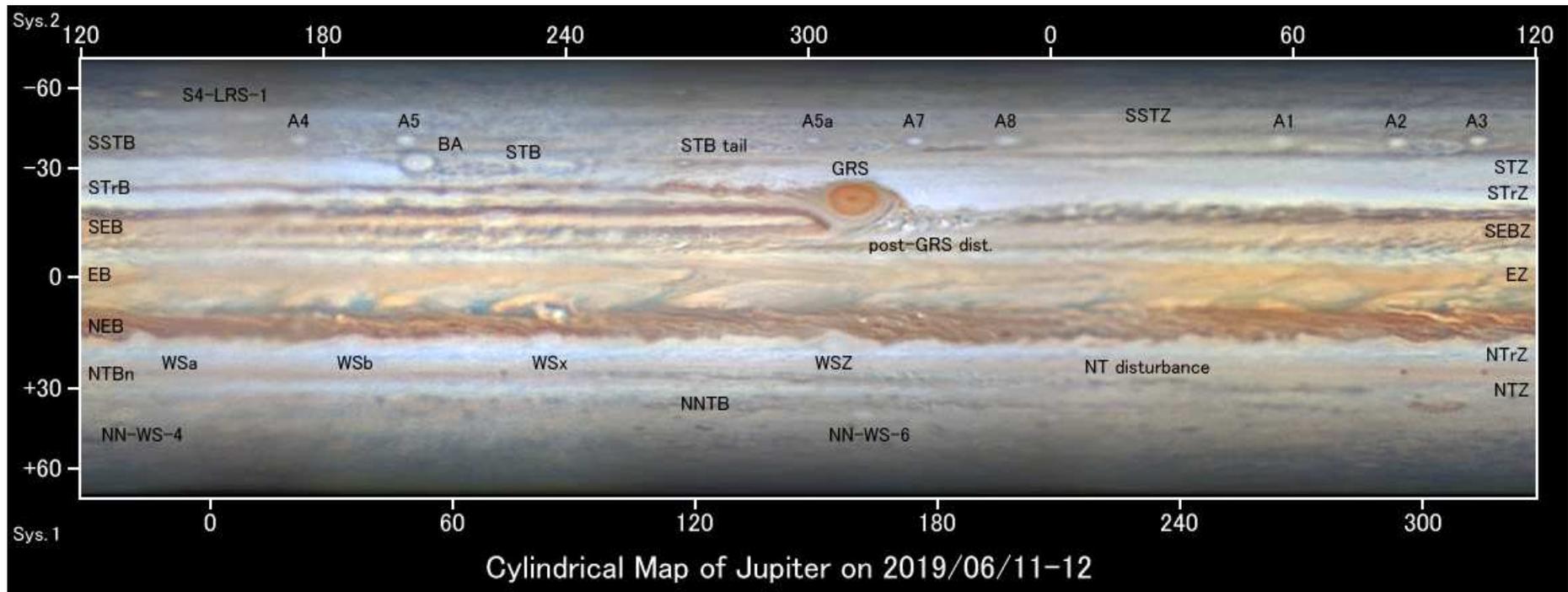
2019シーズンの木星面

2019シーズン (2019 Apparition)

へびつかい座	合	2018年 11月26日
赤緯 -22°	西矩	2019年 3月14日
高度 33°	衝	6月10日
視直径 46秒	東矩	9月 8日
	合	12月27日

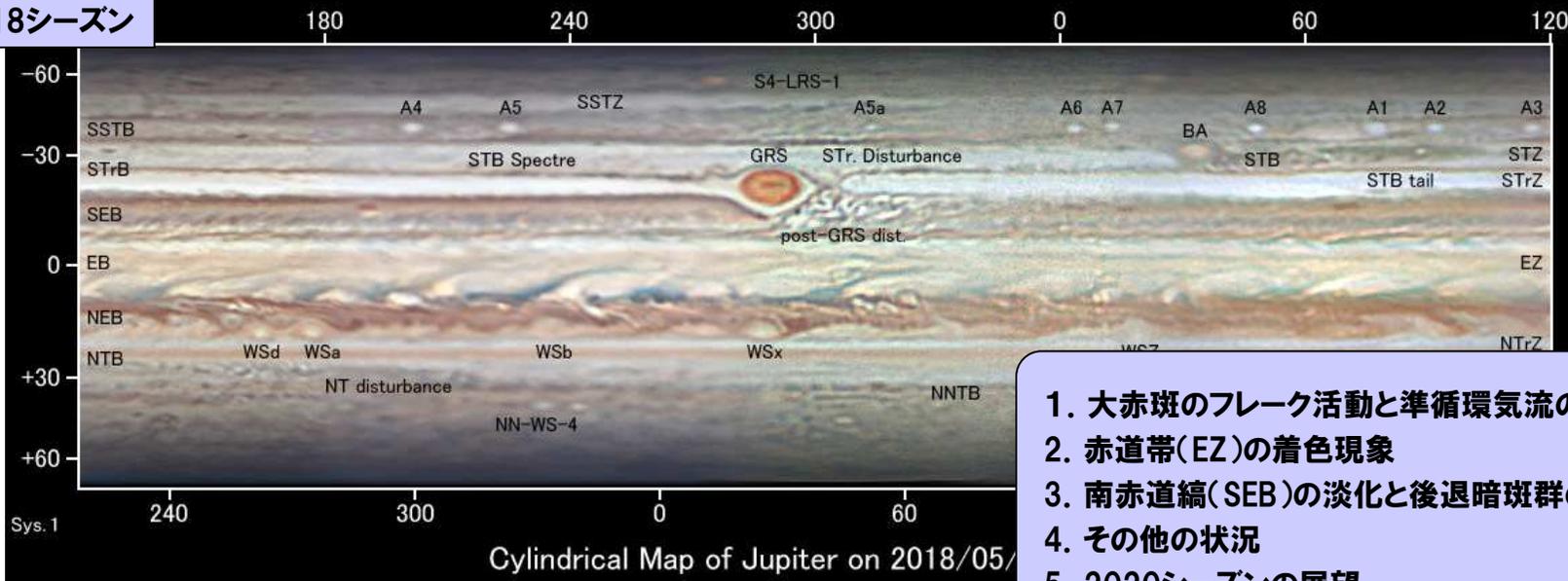


6/11~12の全面展開図



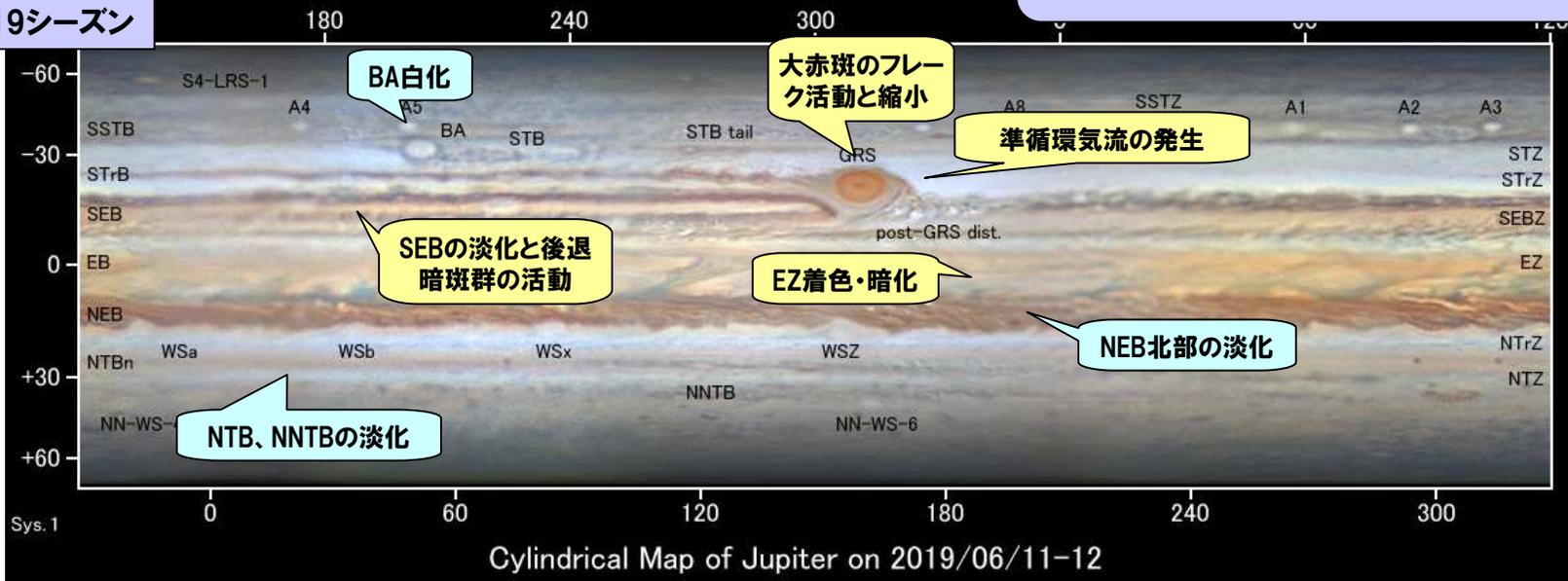
前シーズンからの変化

2018シーズン

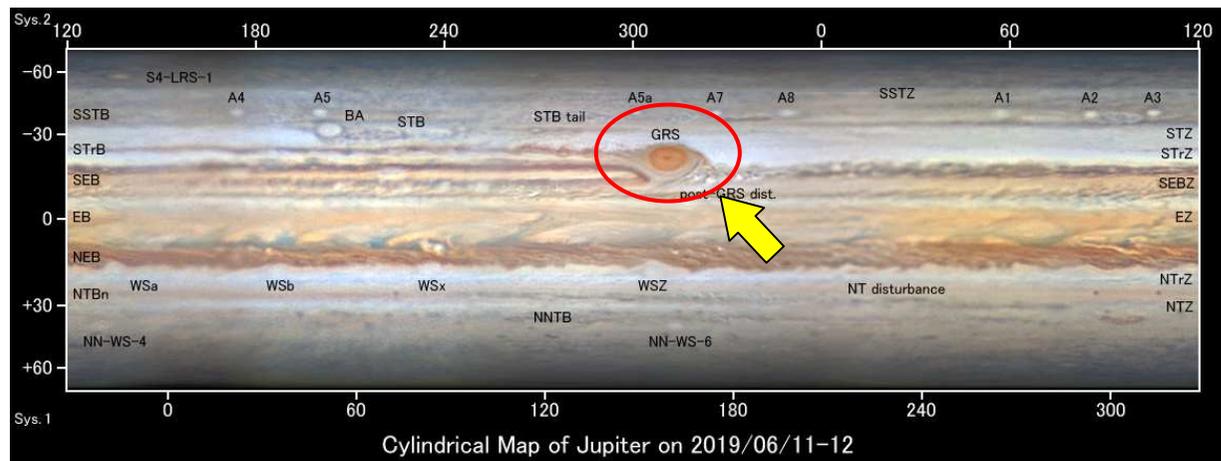


1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道帯(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望

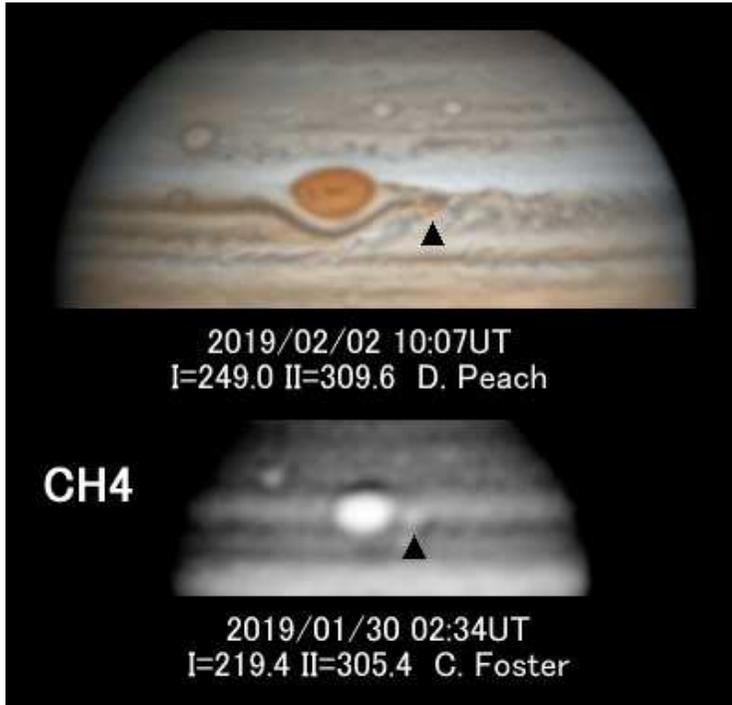
2019シーズン



1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道帯(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望

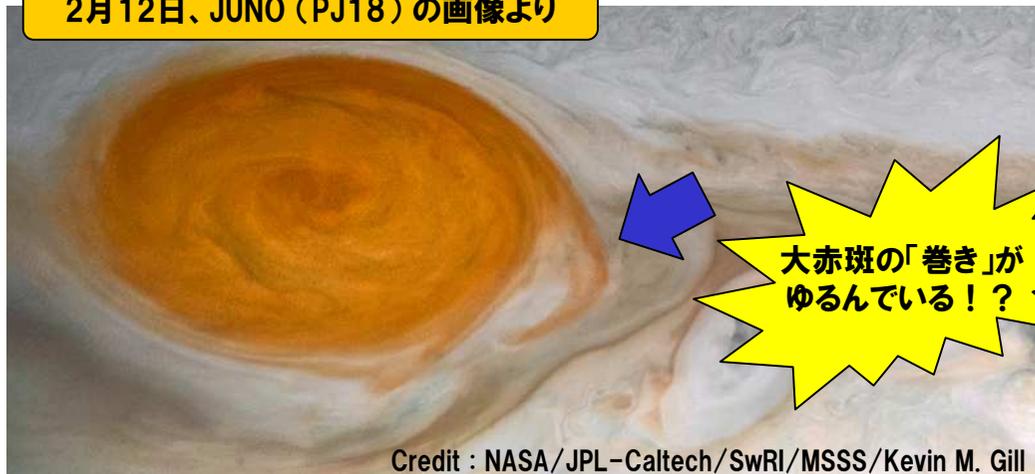


1-3月:フレーク活動の始まり

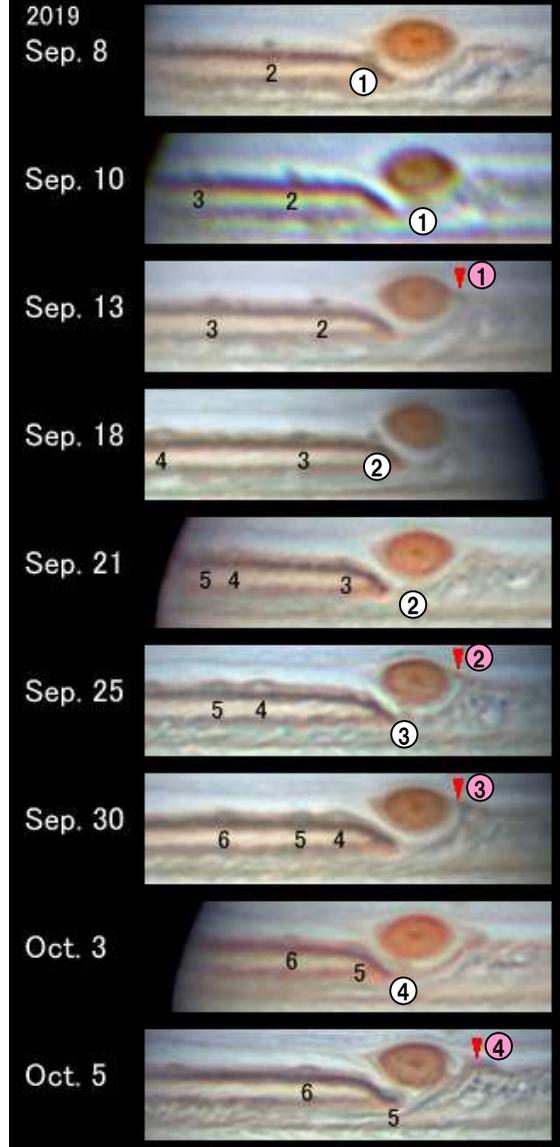


- RS後方から赤いブリッジ出現。ブリッジは頻繁に見られるが、普通は赤くない。
- ブリッジはメタンブライト。先端に白斑あり。
- メタン白斑は2/2に赤色斑点として可視化。
- RS Bayに進入したSEB南縁の後退暗斑が、RSと接触して外縁を削り、フレークとなる。
- フレークの形状は、ブリッジ/ひげ/斑点など様々、RSを回りながら、一部は回収され、一部はSEBsのジェットに持ち去られている。
- 2015年にも同様の現象あり。

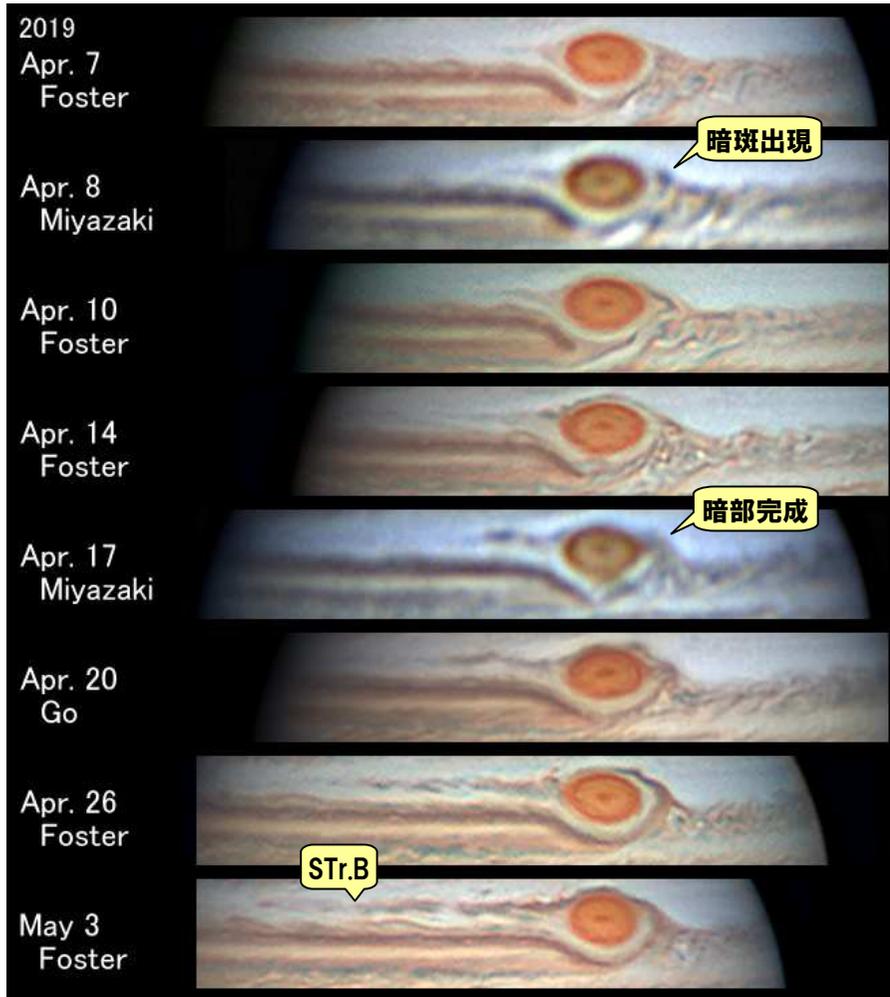
2月12日、JUNO (PJ18) の画像より



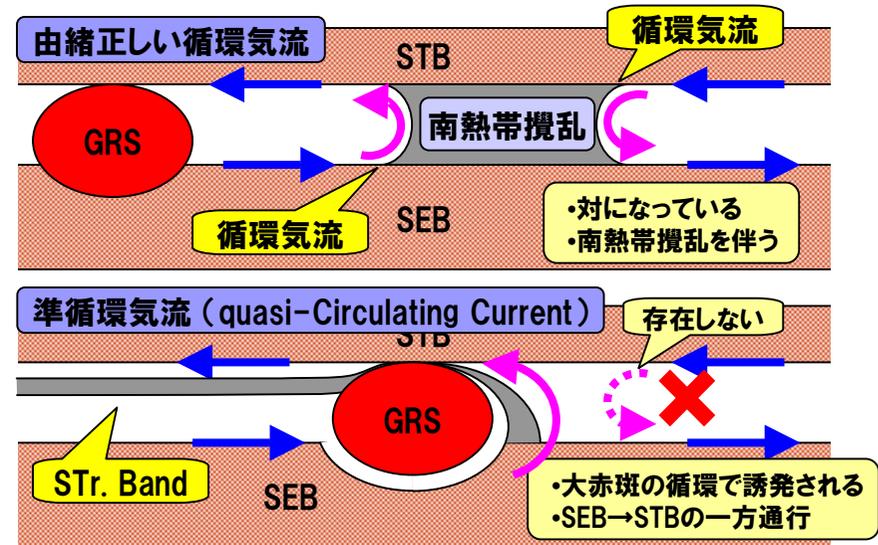
フレークとSEBsの暗斑群との関係



4月：準循環気流の発生



「準」循環気流とは！？



- RS後方に暗柱が発達し、前方にSTr. Bandを形成。SEBsのジェットがRS後部を回って、STrBへ向かう流れができた。
- RS周囲のフレークもこの流れに乗って、前方へ拡散。
- 同様の現象は数年おきに発生。前回は2016年。
- 循環気流に似ているが、①RSの循環によって誘発される、②SEBs→STBnへの流れのみで、一方通行。
- 以上から、この現象を準循環気流(quasi-Circulating Current)という名前と呼ぶことにする。

6月

120

180

240

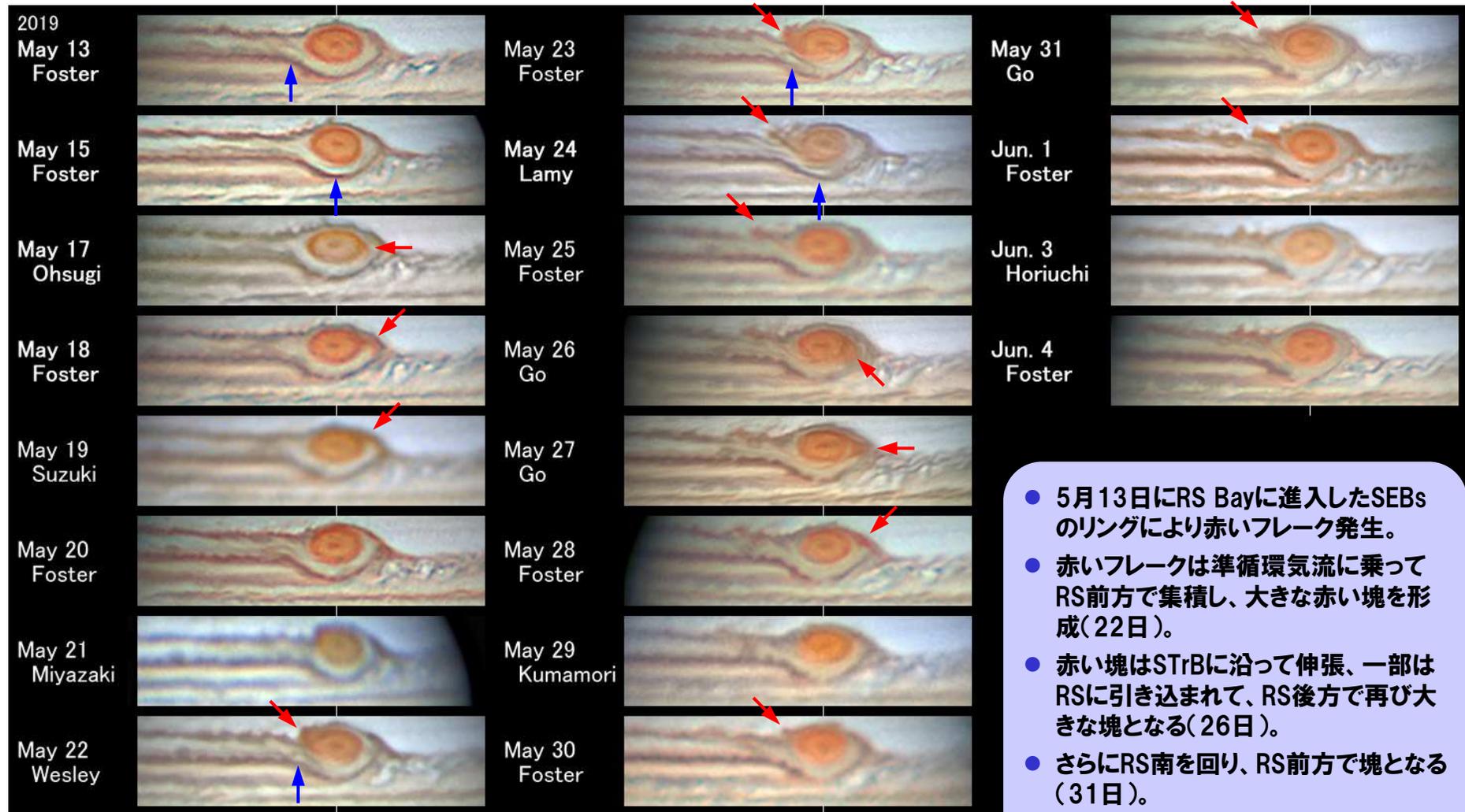
300

0

60

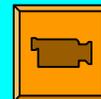


5月：大赤斑が壊れる！？



- 5月13日にRS Bayに進入したSEBsのリングにより赤いフレーク発生。
- 赤いフレークは準循環気流に乗ってRS前方で集積し、大きな赤い塊を形成(22日)。
- 赤い塊はSTrBに沿って伸張、一部はRSに引き込まれて、RS後方で再び大きな塊となる(26日)。
- さらにRS南を回り、RS前方で塊となる(31日)。
- 赤みを保ったままSTrBに沿って伸張。
- RSは赤い塊によって見かけの形状が激しく変化。

詳細は水元さんの動画をご覧ください →

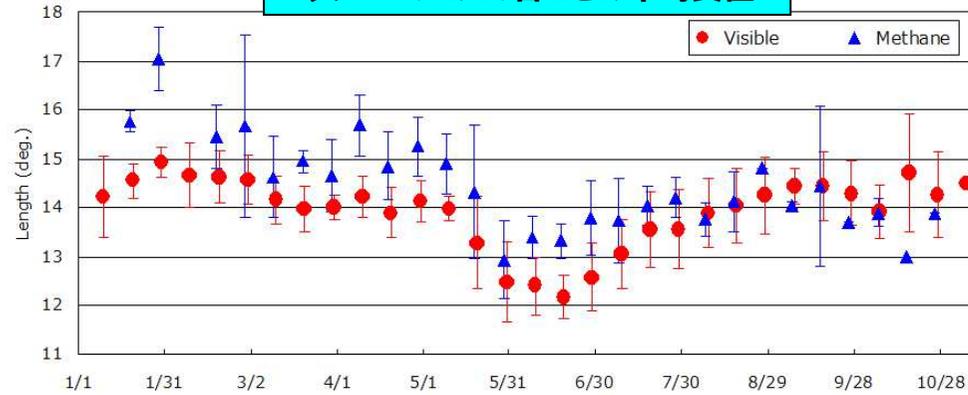


6月：大赤斑の縮小

史上最小の大赤斑

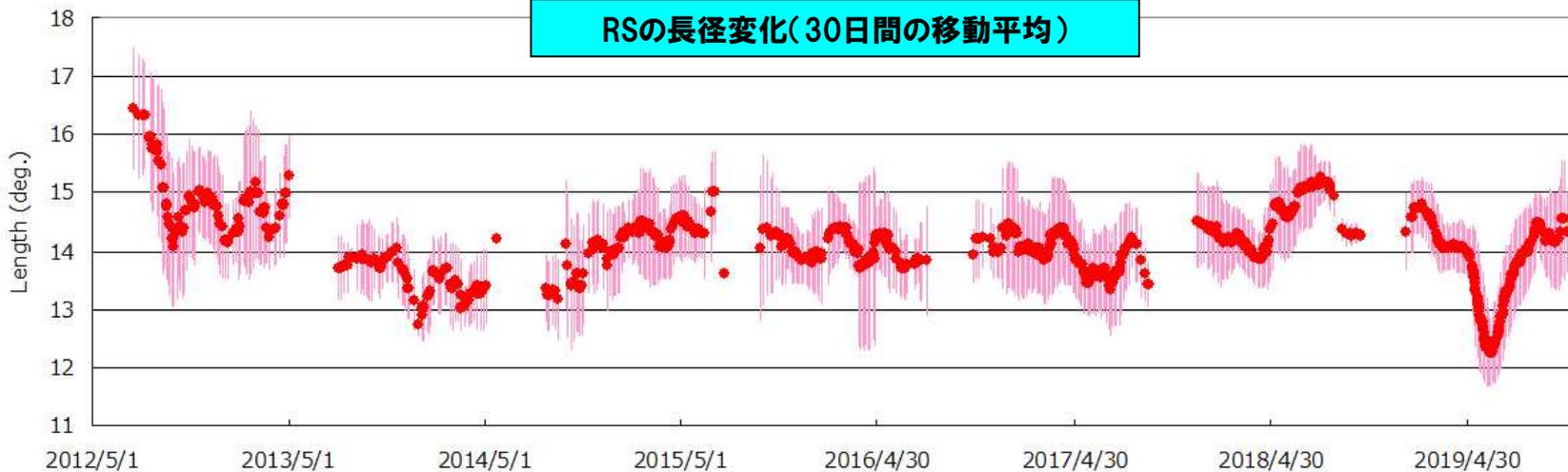


今シーズンの10日ごとの平均長径

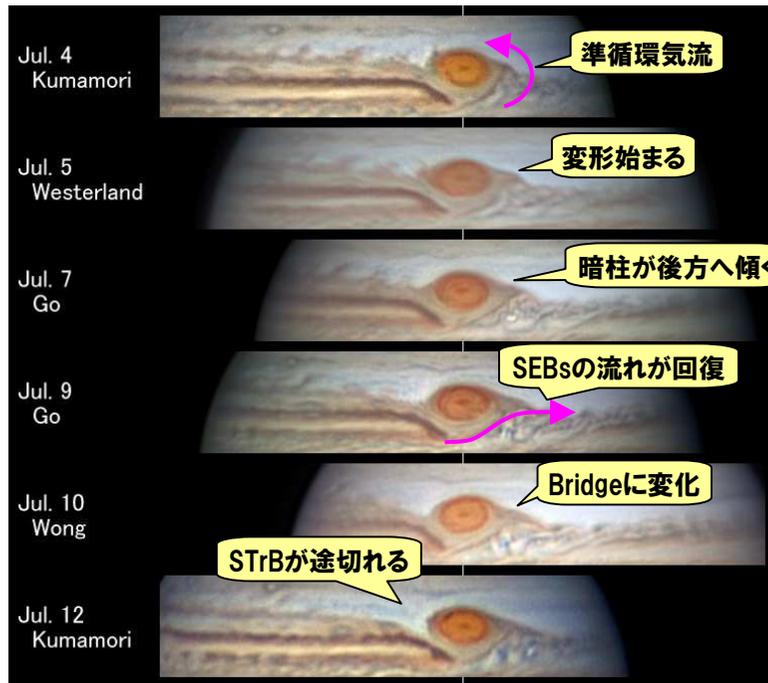


- 赤いフレークを撒き散らした結果、RSは急激に縮小。6月の平均長径は 12.3° で、過去最小だった2013年を下回る。
- 6/1のGo氏の画像では、 11.3° で史上最小記録を更新！
- カシニの斑点とほぼ同じサイズ！！

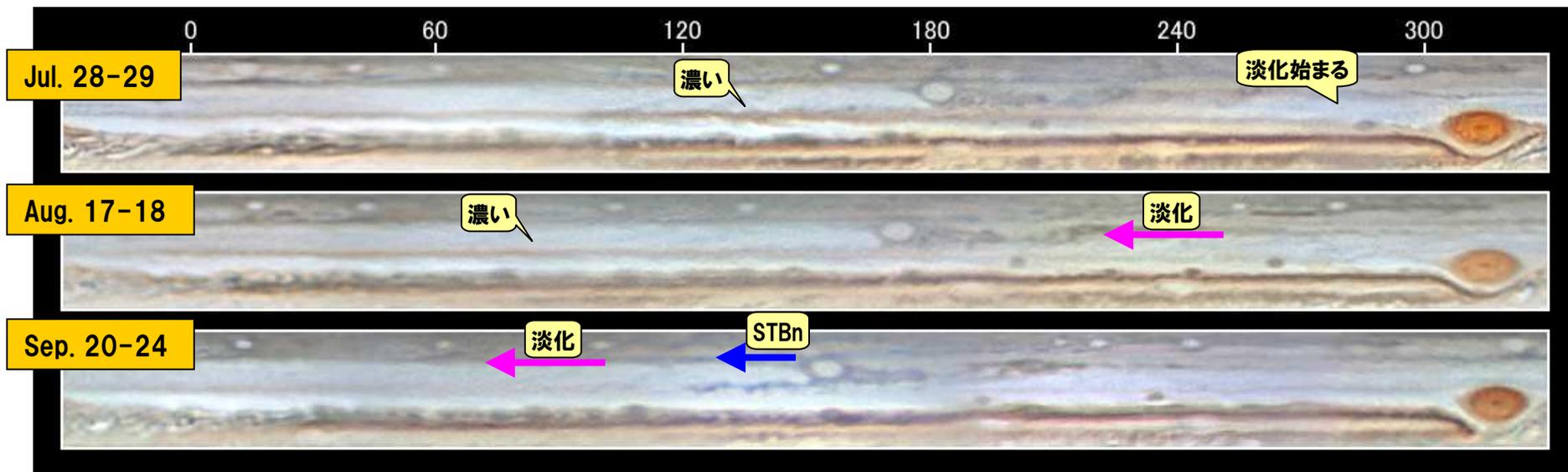
RSの長径変化(30日間の移動平均)



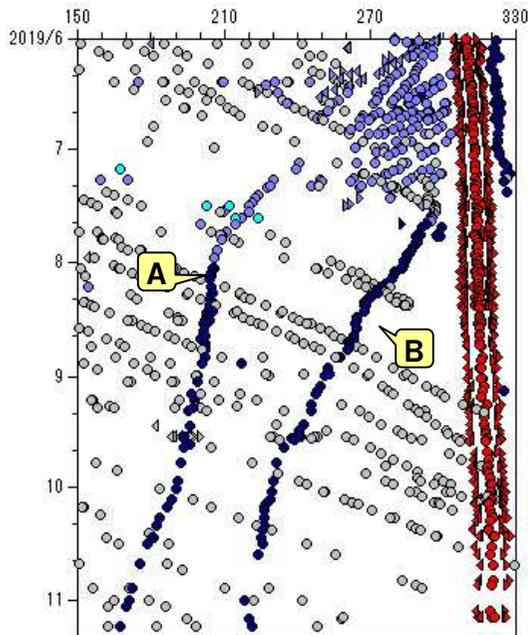
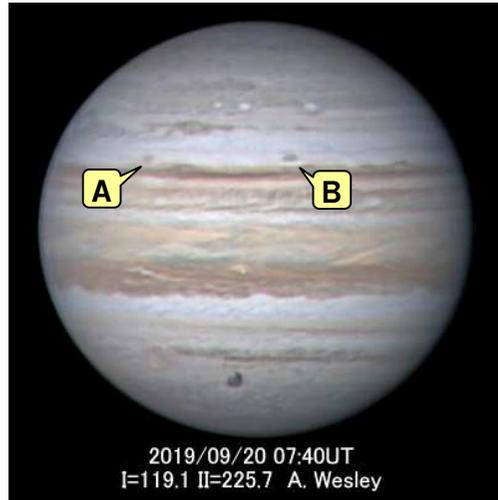
7月：準循環気流の消失



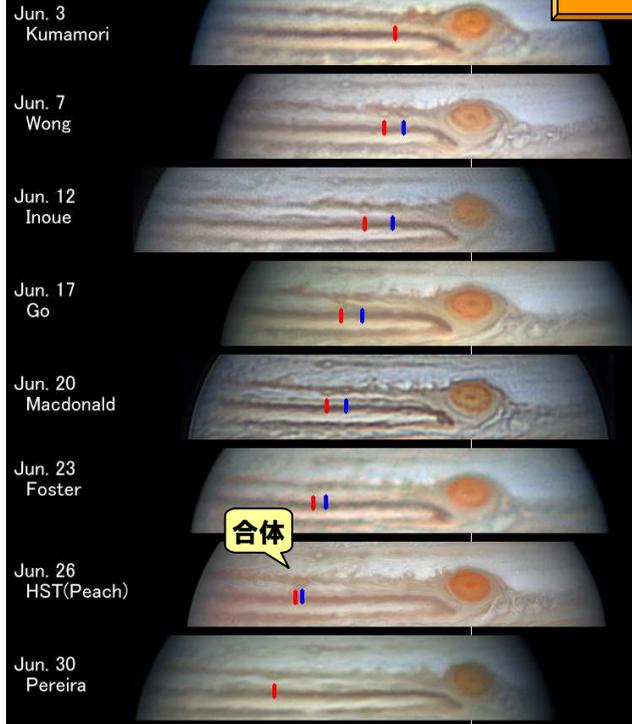
- 7月5日頃からRS後方の暗柱が後方に傾き始め、10日頃までに通常のブリッジに変化。SEBsジェットの流れが正常に戻り、RS後部を周回する準循環気流が消失。
- 準循環気流の消失により、12日にはSTrBがRS前端から分離。
- 準循環気流から暗物質の供給が途絶えたことで、STrBは後方から前方に向かって淡化。8月にはRS-BA間で淡くなり、9月末までにはほとんどの経度で淡化し、痕跡だけが残る。
- 9月末からBA前方に暗条が出現。STrBとは異なり灰色で乱れているので、STBnがジェット暗斑群で濃化したと思われる。
- 今回の準循環気流の活動期間は3ヶ月であった。概ね標準的な長さ。STrBは通常は灰色だが、今回はフレーク活動の影響で赤茶色であった。



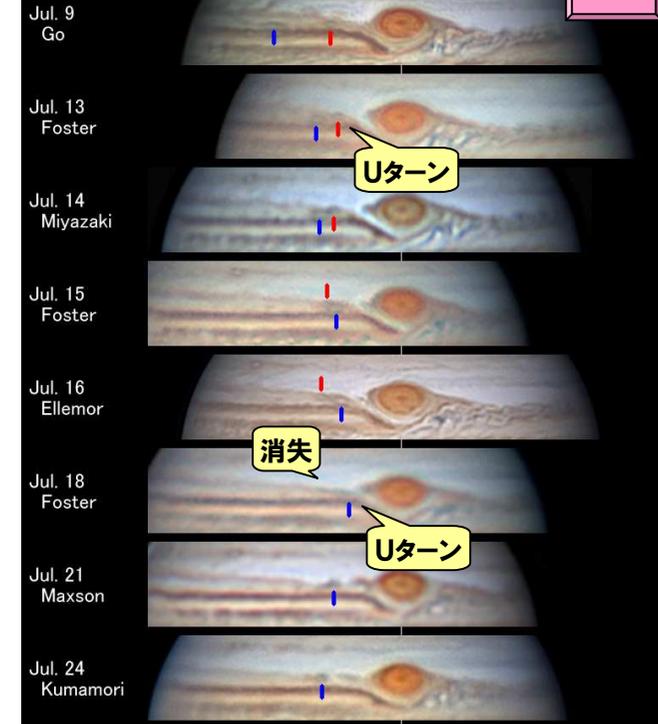
おまけ: 南熱帯(STrZ)に2つの暗斑が出現



A. フレークの息子暗斑

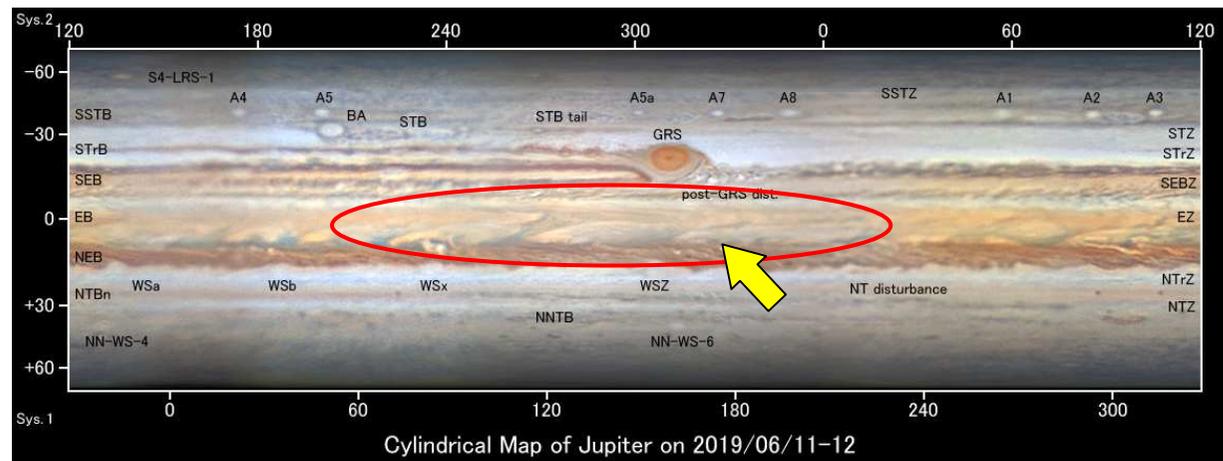


B. 攪乱の出来損ない暗斑



- 「フレークの息子暗斑」→ 5月末～6月初の大規模な活動で、STrB上に放出されたフレークから2個の暗斑が形成され、6月下旬に合体してひとつの暗斑となった。
- 「攪乱の出来損ない暗斑」→ SEB南縁の2個の後退暗斑がRS直前で減速・停滞、衝突しながら南へシフトしながらUターン、STrB上を前進する暗斑となった。南熱帯攪乱の発生過程と同じであったが、攪乱にはなり損なった。
- 7月後半にSTrBが淡化したため、両者は明るいSTrZに浮かぶ孤立した暗斑となった。
- 「フレークの息子暗斑」のドリフトは7月下旬に減速して $-0.2^\circ/\text{day}$ 、一方、「攪乱の出来損ない暗斑」は $-0.9^\circ/\text{day}$ と速いため接近傾向。9月末に間隔は 40° になったが、その後はあまり変化していない。

1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道帯(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望



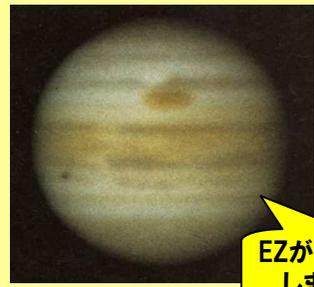
EZの着色現象(暗化)



- EZが著しく薄茶色に着色し、薄暗くなった。
- 着色は昨年後半に始まった。当初は薄黄色だったが、徐々に濃くなり、年末までに黄土色から薄茶色に変化し、現在も続いている。
- EZ北部は薄暗く、ベルトと同じ薄茶色だが、南部は明るさが残る。EZ中央には太く濃いEBが発達、NEB南縁から数多くのfestoonが伸び、活動的なものがある。
- EZの着色現象は、2012年以来6年ぶり。

EZの着色現象とは？

EZが薄黄色～オレンジに色づく現象。時には両隣のベルトと分離が困難になるほど濃くなる場合もある。1860年頃に注目されて以来、数年～10数年に一度の割合で起こる。1960～70年代に著しかったが、近年は少ない。

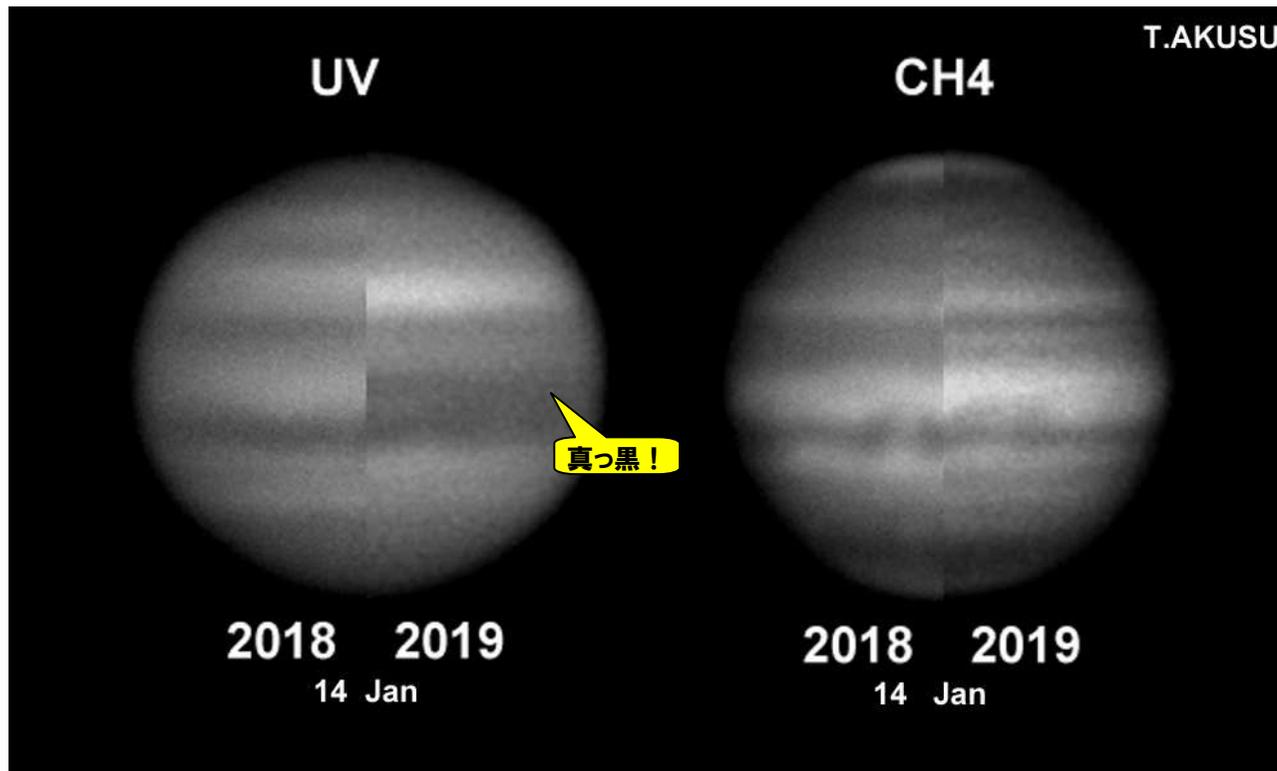


過去に起こった着色現象

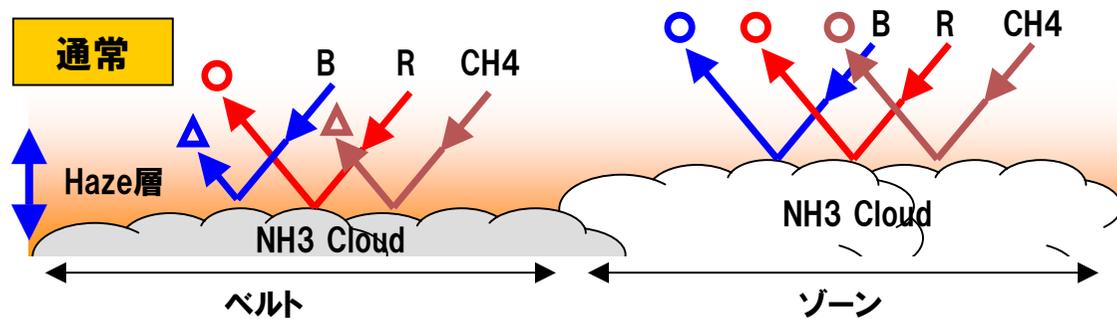
1859～60年	1943～44年
1869～72年	1946～49年
1874～76年	1958～59年
1878～84年	1961～65年
1897～99年	1968～71年
1918～21年	1972～76年
1925年	1977～82年
1927～30年	1989～92年
1934～35年	2007年
1937～39年	2012年

1992年以前はRogers(1995)による

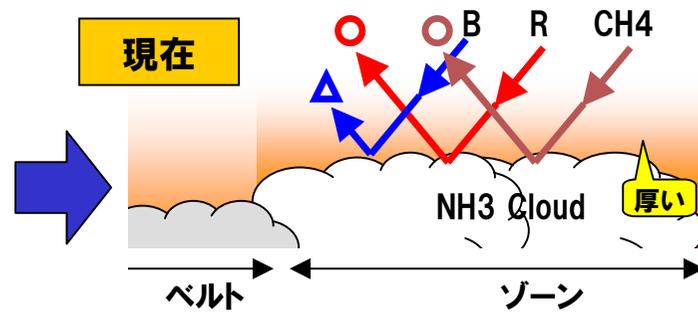
EZで何が起こっているのか？



- UV(紫外光)では、昨年1月のEZは薄明るい、今年はNEBと同じくらい暗い。
 - CH4(メタンバンド)では、昨年1月も今年も変わらない(むしろ今年の方が明るい?)。
- ↓
- CH4で変化がないので、EZの雲頂高度には変化なし。
 - UVで暗いということは、EZ上空のHaze層がNEBと同程度に厚くなっていることを示唆する。
 - Hazeの素となるエアロゾルの供給元としては、昨年活動的だったNEB南縁が候補か？

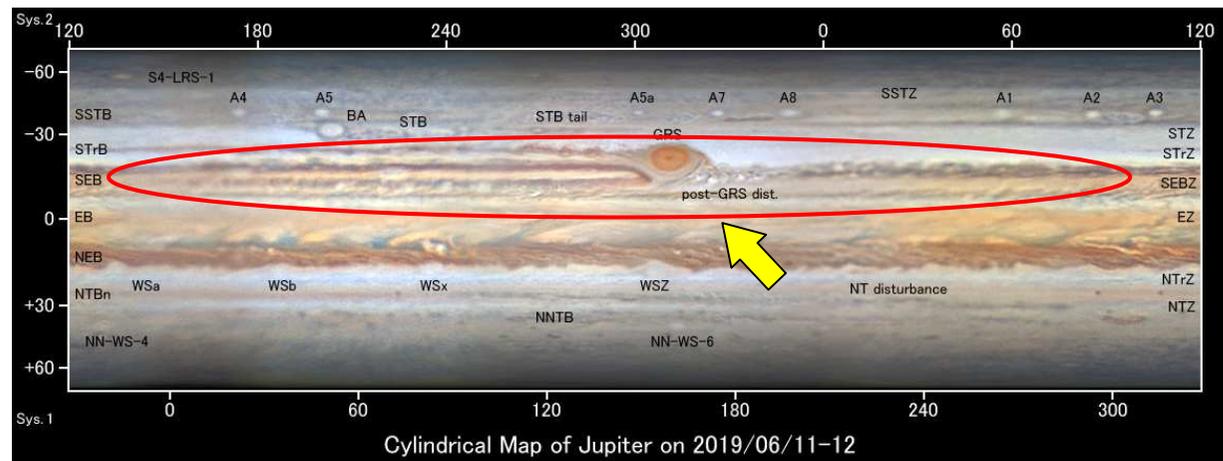


Haze層は短い波長の光を吸収する。Hazeはベルト上空で濃く、ゾーン上空では薄い。そのため、ベルトは赤茶けた色に見える。

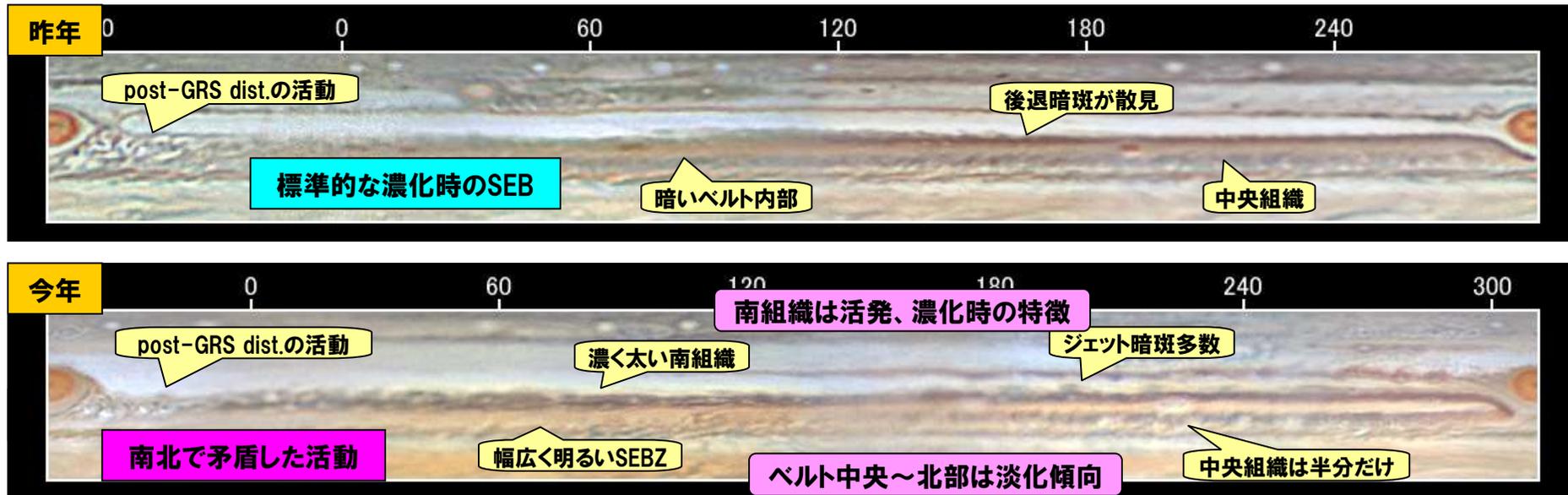


Haze層がベルト上空のように厚くなっている。

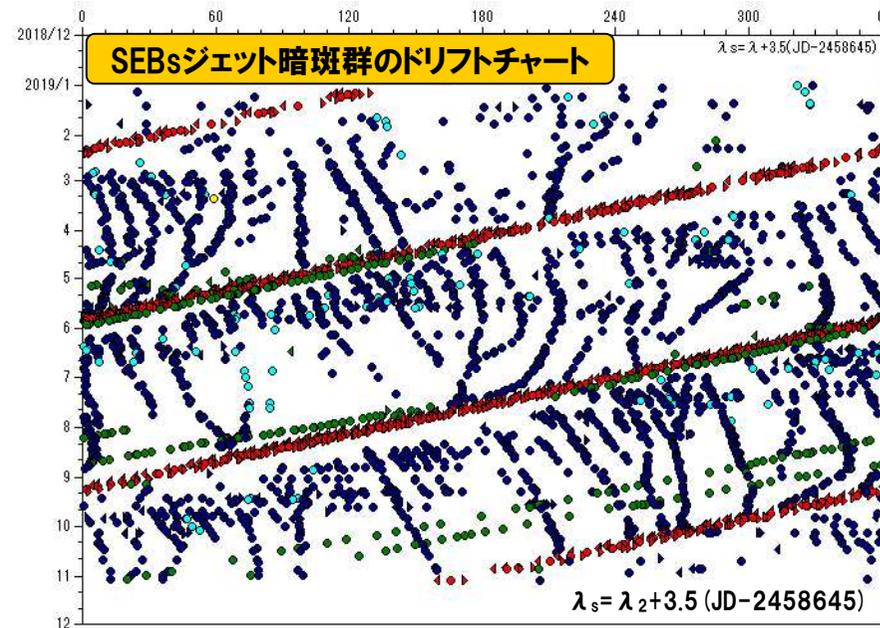
1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道縞(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望



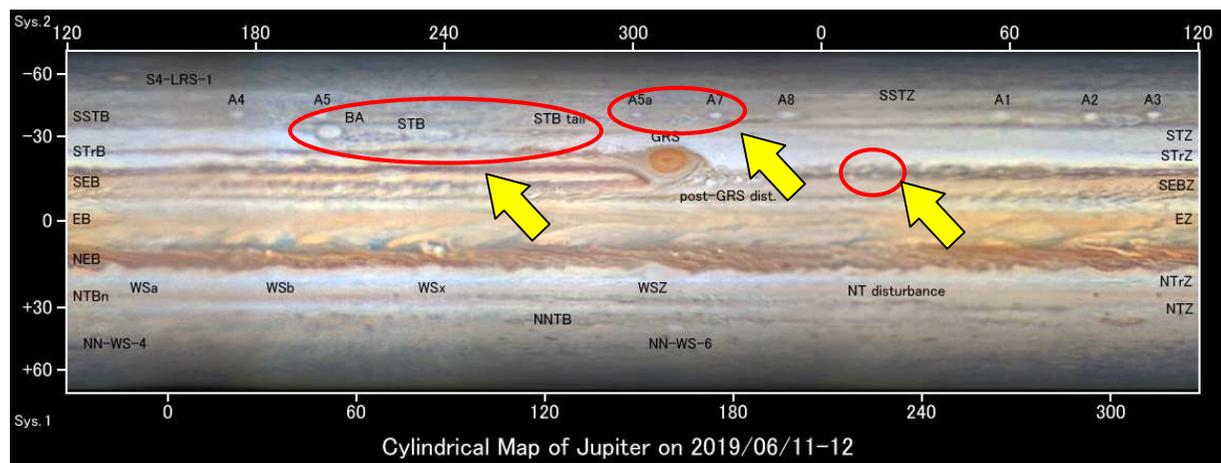
今年のSEBはとても異常な状態



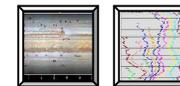
- 今年のSEBは、淡化と濃化の両方の特徴が見られる、近年にはない状況にある。
- SEB中央～北部で淡化が進み、幅広いSEBZが発達している。
- RS前方120～180° の区間では、中央組織が見られる。
- SEB南組織は濃く、SEBsのジェットストリームに乗って後退する暗斑が多数観測されている。post-GRS dist.の活動も激しくはないが、散発的な活動が続き、後退暗斑群を供給している。これらはベルト濃化時の特徴である。
- 後退暗斑群は減速や合体がしばしば起こり、RS bayに到達したものはフレーク活動の原因となっている。



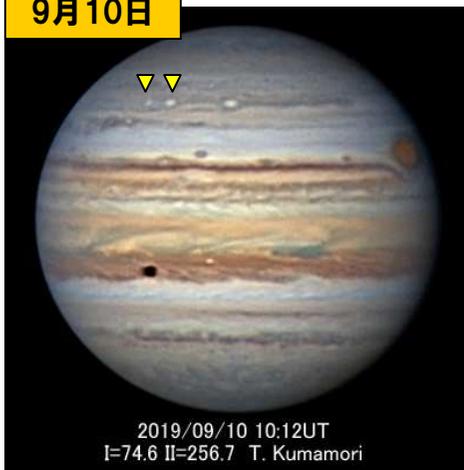
1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道帯(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望



AWO合体注意報発令中(A5a/A7)!



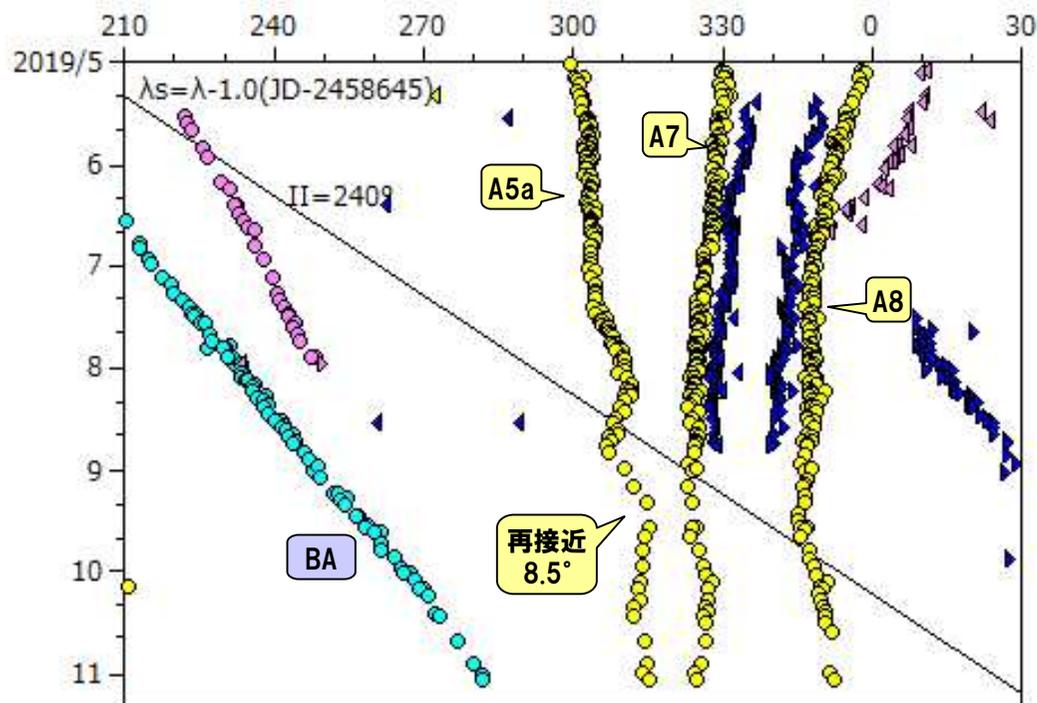
9月10日



9月24日



- A5aとA7が9月上旬に8.5° に異常接近。
- 合体せず、現在も10° 前後の間隔をキープ。
- A5aとA7は2年前から接近傾向。8月頃からA5aの動きが不安定になっている。
- SSTBではA8/A0(2016年)やA6/A7(2018年)とAWOの合体が相次いでいるので要注意。
- AWOの合体は、RS-BA-AWOの三重会合や、BAとの会合などのタイミング起こる傾向あり。A5a/A7は11月末頃にBAと会合の予定だが、観測は困難か？

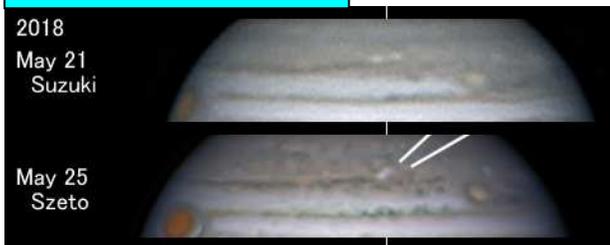


合体が相次ぐSSTBのAWO

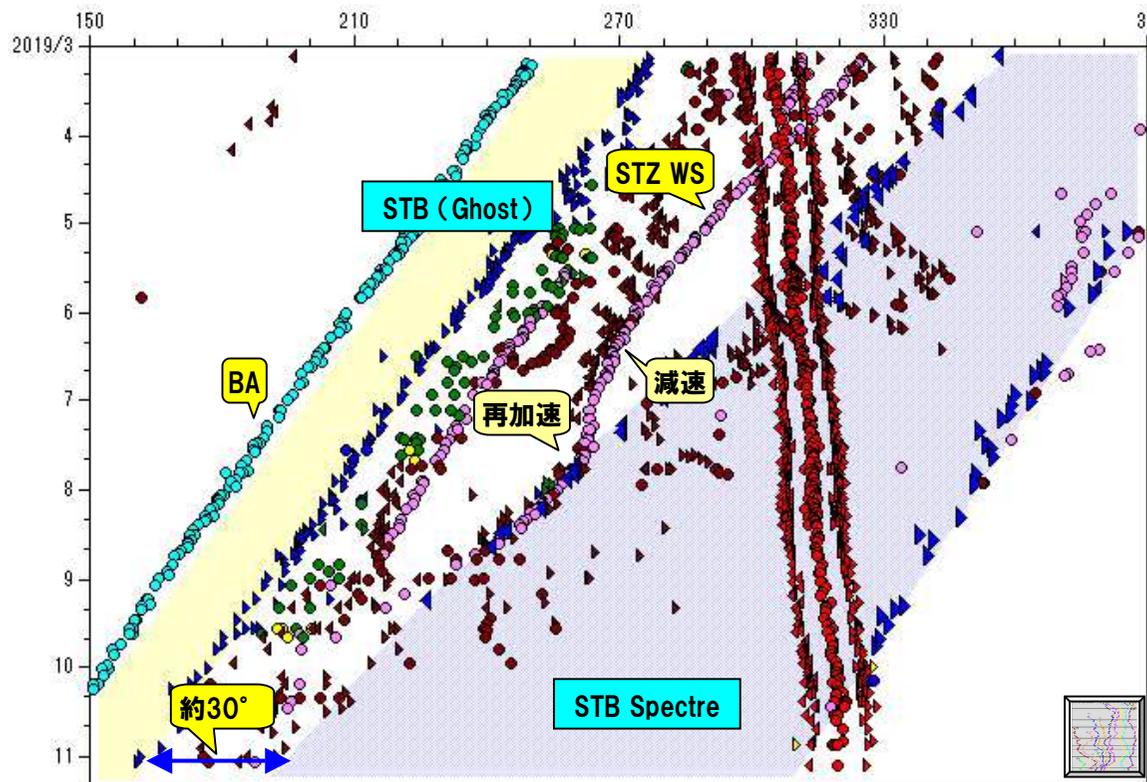
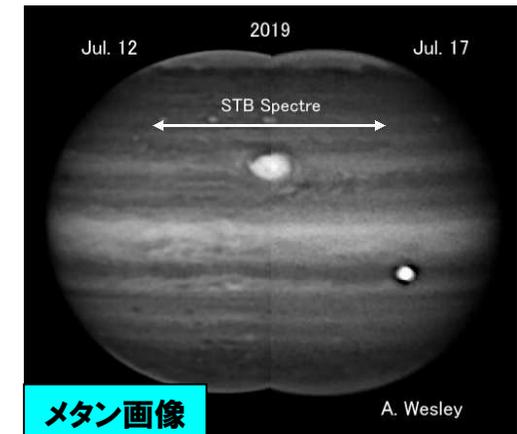
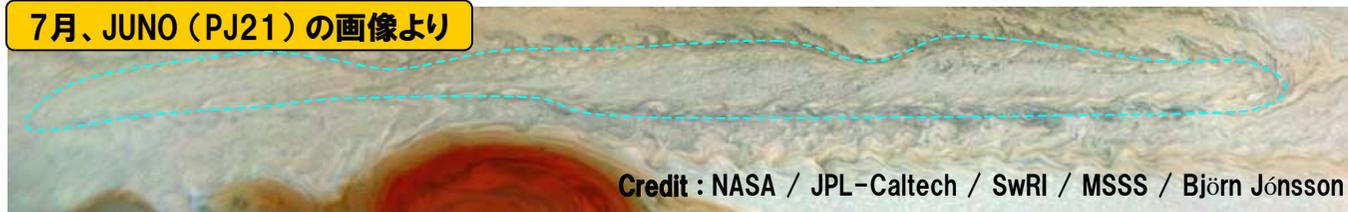
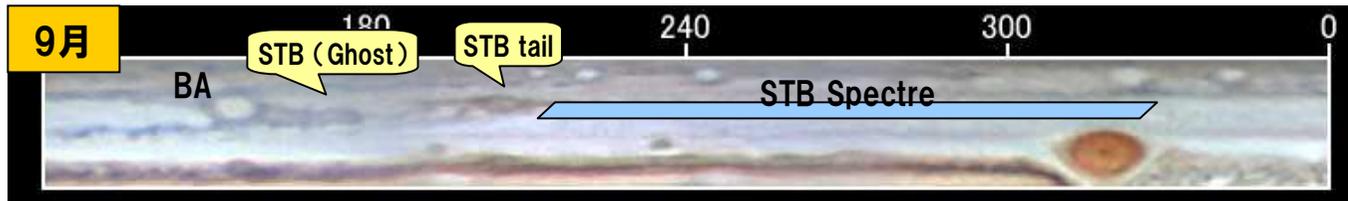
2016年11月 (A8/A0)



2018年5月 (A6/A7)

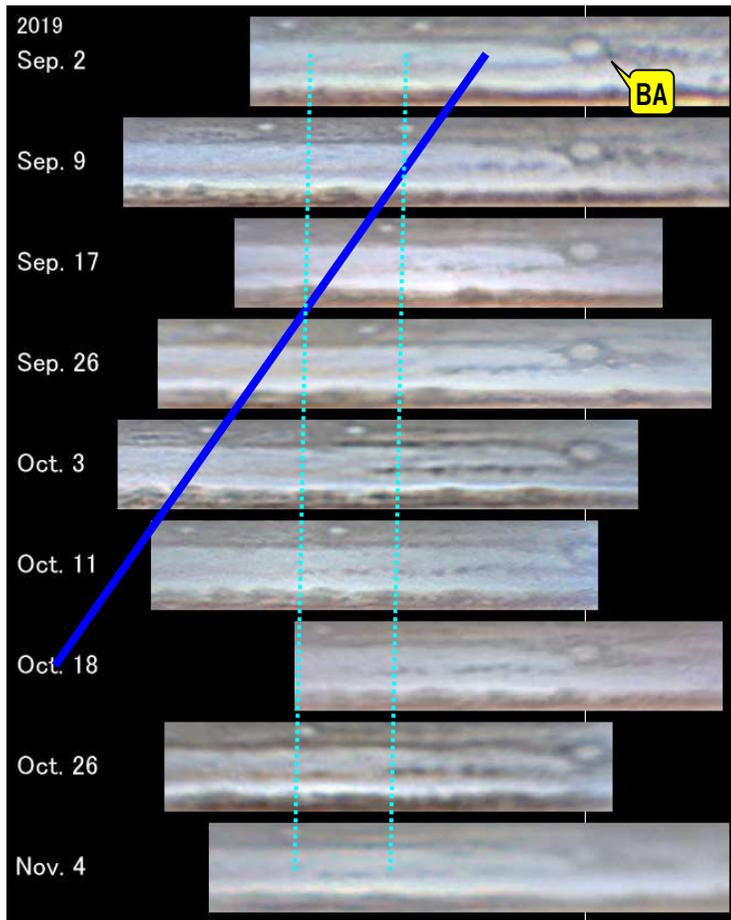


STBでお化け同士の戦いが始まる (Ghost vs Spectre)

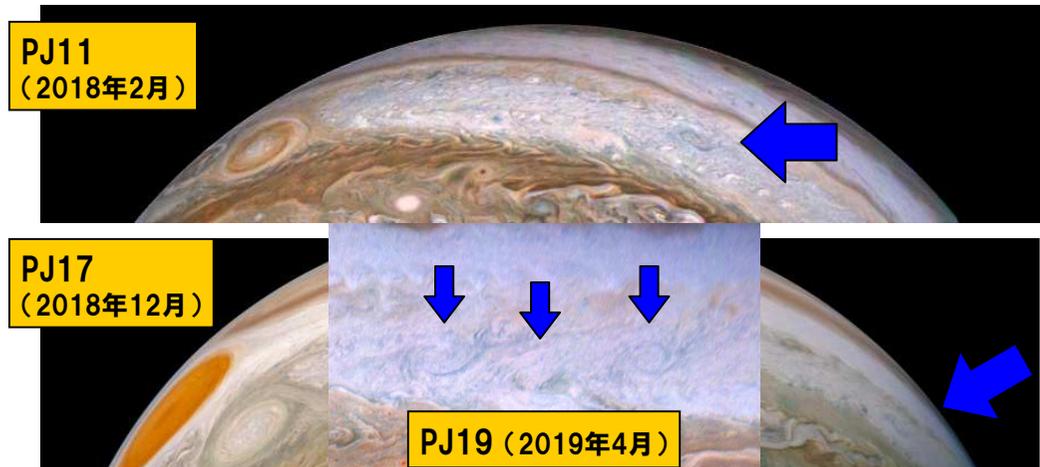
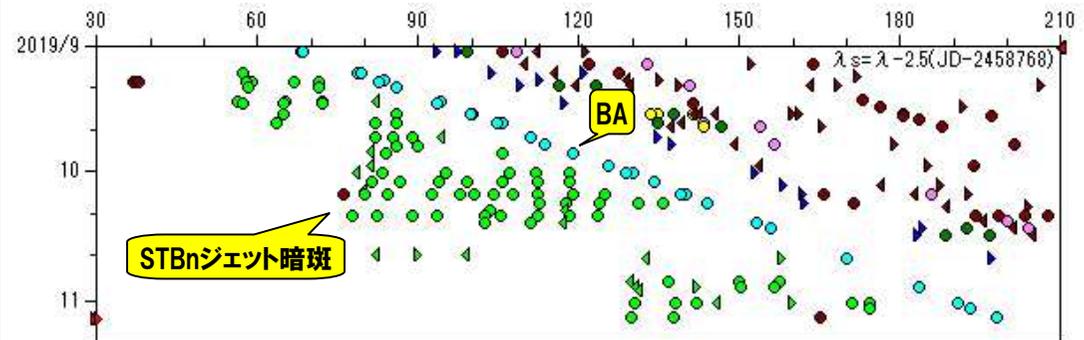


- STBの低気圧的(右回り)循環領域であるSTB SpectreがRS南を通過。可視光では明るい、メタンダークなベルトの断片。長さ110°で、徐々に伸長。
- 前端は $-0.7^\circ / \text{day}$ で前進、BA後方のSTBの断片(Ghostが濃化したもの)まで約30°に接近。
- 中間にあるSTB tailは圧迫され短縮。Ghostとの間には不規則な暗斑や白斑が見られるようになった。
- Ghostと衝突すれば、激しい攪乱活動(STB outbreak)により、STB Spectreが濃化すると予想される。
- 来シーズンはBA後方に長いSTBが復活しているかもしれない。

新しいお化けが・・・???

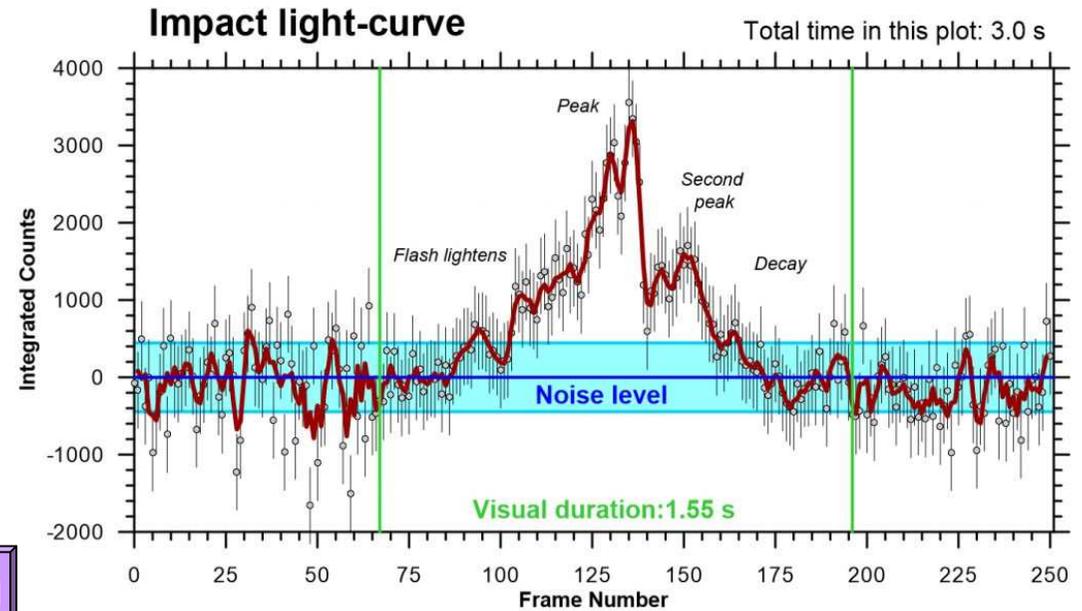


- 9月からBA前方でSTBnジェット活動が見られる。暗斑群が $-2.5^\circ / \text{day}$ のドリフトで前進するが、 $50 \sim 60^\circ$ 進むと急に衰えてしまう。
- この領域にフィラメント模様が2本存在。STB GhostやSpectreと同じ低気圧的循環領域らしい。STBnの暗斑を部分的にブロックしているフシがある。
- Junoの画像では、2018年初めにはすでに低気圧的渦として存在し、今年には複数の渦に成長している。
- STBは3つの低気圧的領域を持つ傾向がある。昨年2月のSTB outbreakにより2つに減少したため、補充されたと考えられる。



閃光現象発生

8月7日 by Ethan Chappel @ ALPO



PIIRI DI ANFT

THE SOCIETY 2020 RI NEWS OUTREACH EPSC EPEC CONTACT MEMBER LOGIN



Stony-iron meteor caused August impact flash at Jupiter

- 2019年8月7日、4:07UT、 $\text{II}=20^\circ$ 付近のSEBsで発生。
- 発見者はALPOのEthan Chappel。
- 継続時間は1.55秒。衝突痕は残らず。石鉄隕石の衝突による発光とのこと。
- Euro Planetのサイトに詳細な記事あり。

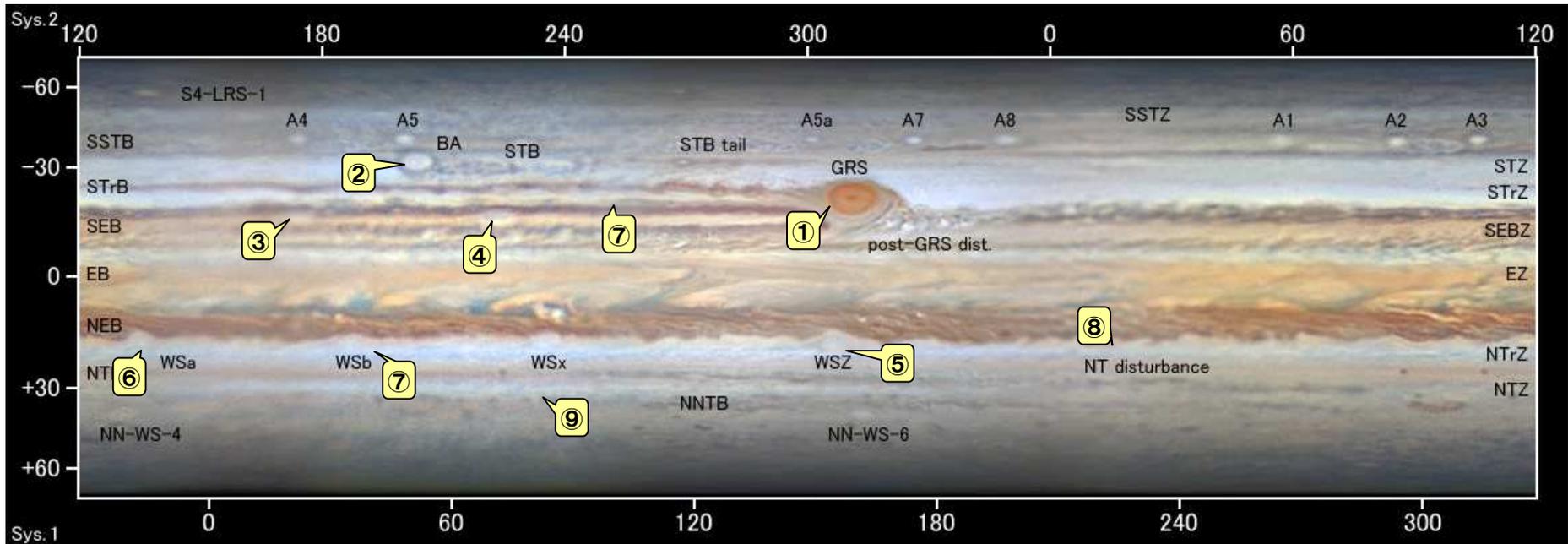
URLはこちら → <https://www.europlanet-society.org/stony-iron-meteor-caused-august-impact-flash-at-jupiter/?fbclid=IwAR110XYt8tlc69ScIRvyM3UPY9fj1anAmEXpRyzXQ8kQhBRUHC-CiRZhAnE>

SEPTEMBER 16, 2019

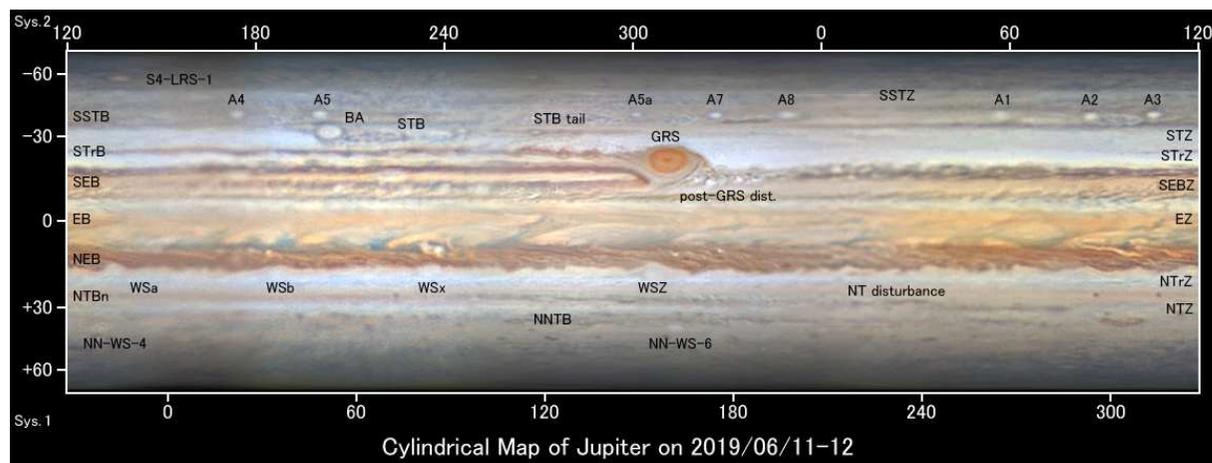
その他のベルト／ゾーン



ベルト／模様		状況
大赤斑	➡	オレンジ～朱色で顕著な状態が続く①。経度は20° 後退して $\lambda=320^\circ$ 、フレーク活動により縮小するも回復。
SSTB	↗	AW0は8個、3つのクラスターに再編。SSTBはA5a～A2間で淡化気味。A5aとA7接近中。
BA / STB	↗	BA白化、リング状で明るい②。STB tailは短縮。STB SpectreがBA後方に接近。STBnのジェット活動始まる。
STrZ	↘	準循環気流の活動(4～7月)、STrB発達するも淡化。孤立した暗斑2個($\lambda=190/230^\circ$)出現。
SEB	➡	南縁の後退暗斑群活発。北部は淡化が進む。post-GRS dist.は時々活動的になるも小規模。昨年2個のbargeは大きな明部に変化③④。
EZ	↘	着色現象継続中、やや色あせた。顕著なfestoon減少。
NEB	➡	北縁の起伏は小さくなった。NTrZの白斑はWSZ/WSa/WSbが明るい⑤⑥⑦。リフト活動は不活発。
NTrZ-NTB	↘	NTBsはほとんど消失、NTBnとそれに続く北温帯攪乱(NTD)も淡化進む⑧。Current-B暗斑群の活動あり。
NNTB	➡	淡化傾向。 $\lambda=200^\circ$ 台で濃い、他はほとんど消失。南縁のジェット暗斑のみ活動的⑨。

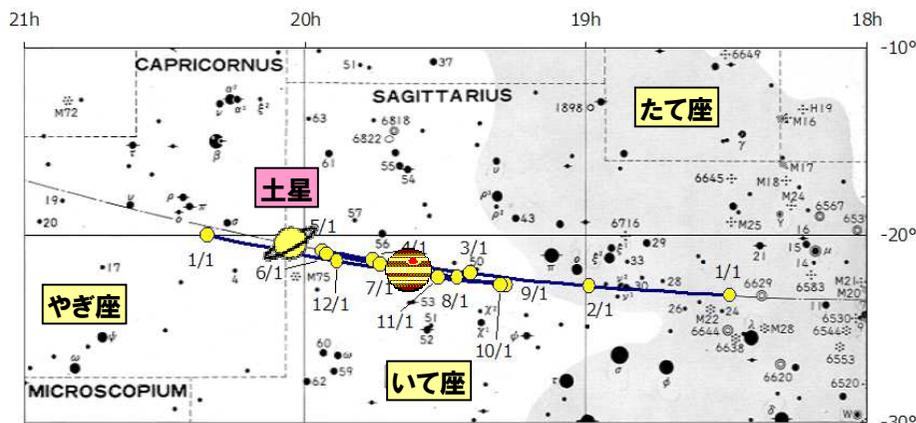


1. 大赤斑のフレーク活動と準循環気流の発生
2. 赤道帯(EZ)の着色現象
3. 南赤道縞(SEB)の淡化と後退暗斑群の活動
4. その他の状況
5. 2020シーズンの展望

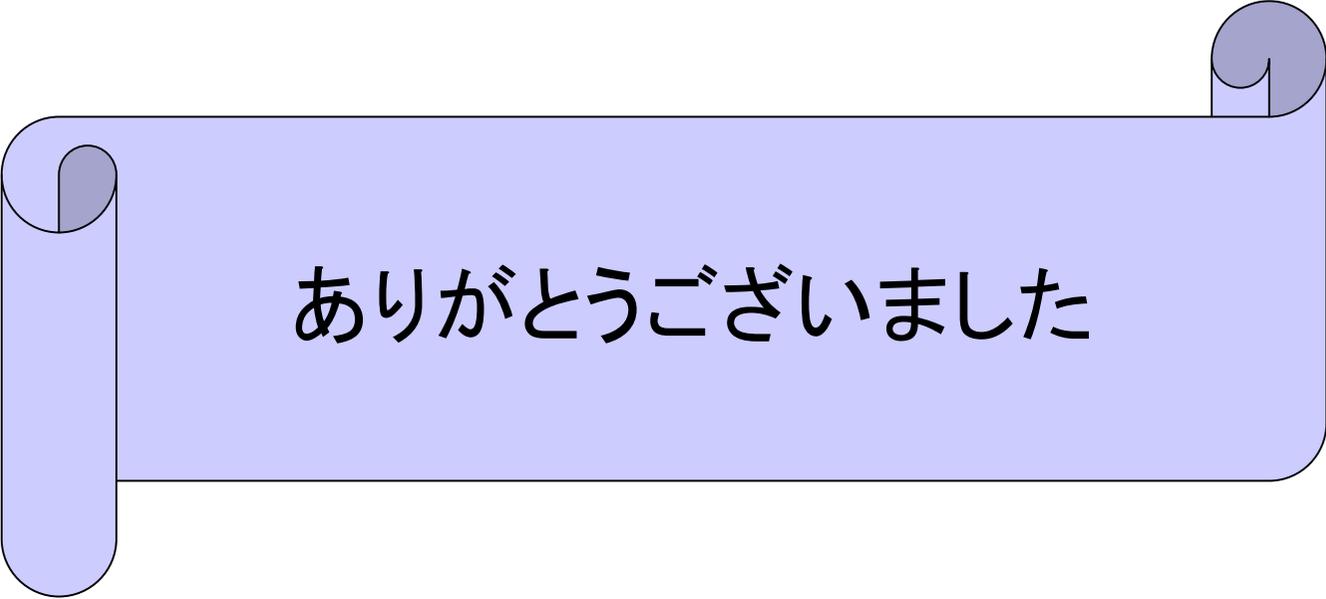


2020シーズンの展望

2020シーズン (2020 Apparition)			
いて座		合	2019年 12月27日
赤緯	-22°	西矩	2020年 4月15日
高度	33°	衝	7月14日
視直径	48秒	東矩	10月11日
		合	2021年 1月29日

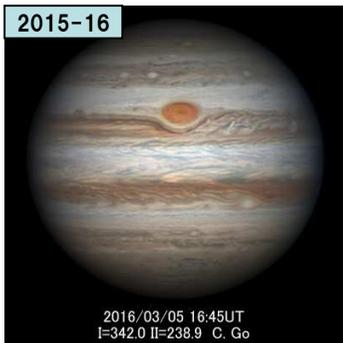
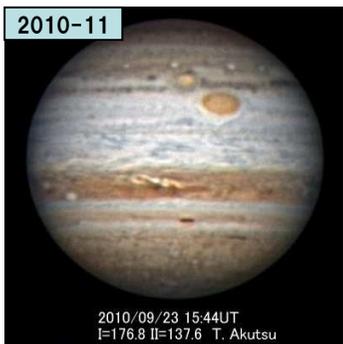
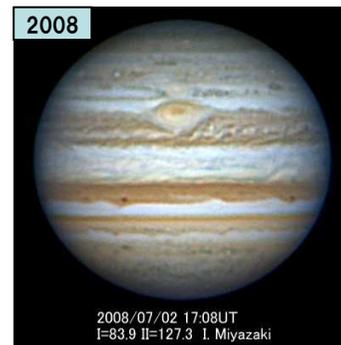
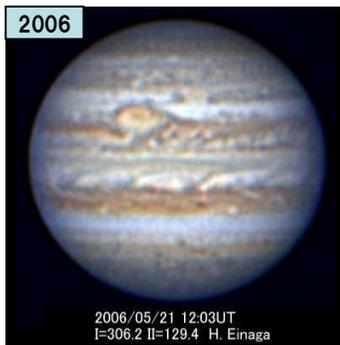
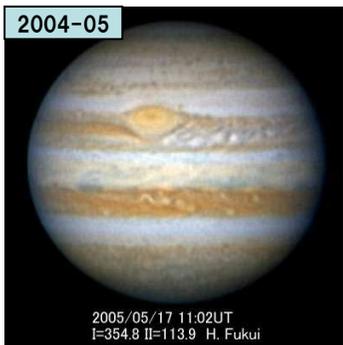
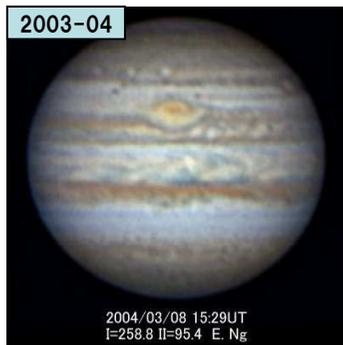
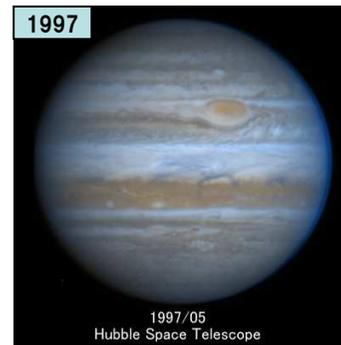
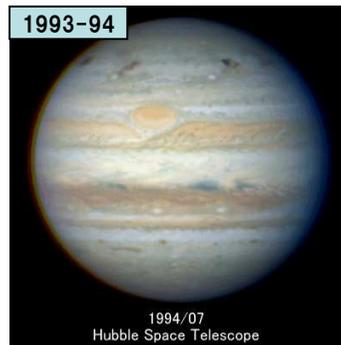
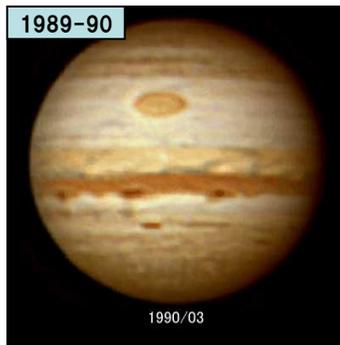
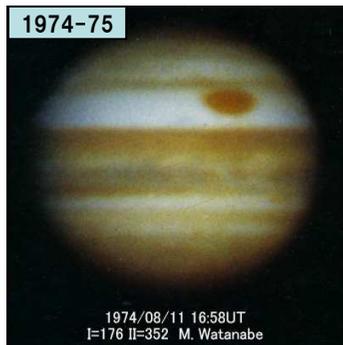


ベルト／模様		大胆予想
大赤斑	➡	オレンジ～朱色で顕著な状態が続く。後退速度が増し、シーズン末には $\parallel=0^\circ$ に迫る。
SSTB	➡	濃く太く二条。AWOは、A5aがA7と合体して7個に減るかも。
BA / STB	➡	BAは周囲に暗い縁取りのある明るい白斑。後方のSTB暗部(Ghost)にSTB Spectreが衝突して激しいoutbreakが発生、STB Spectreは濃化してベルトとなり、BA後方に長さ100° を越えるSTBが復活。BAは大きく加速。前方にSTBnのジェット暗斑群。
STrZ	➡	フレークの息子暗斑と攪乱の出来損ない暗斑が衝突し、南熱帯攪乱が形成される。
SEB	➡	南縁の後退暗斑群の活動続く。RS後方の白雲活動域(post-GRS dist.)は時々活発になる。ベルト中央～北部は淡化が続く。
EZ	➡	徐々に明るさが戻る。明瞭なfestoonは減少。
NEB	➡	ベルトが細くなり、北縁の凹凸は減少する。WSZなどの北縁の白斑は明るい、NTrZに出て不明瞭。
NTrZ-NTB	➡	NTBは淡化して消失。北温帯攪乱(NTD)も淡化・消失する。
NNTB	➡	濃く明瞭な区間が残るが、広範囲に淡化・消失したまま。南縁のジェット暗斑は活動的。ジェット暗斑の活動によっては濃化の可能性もあり。

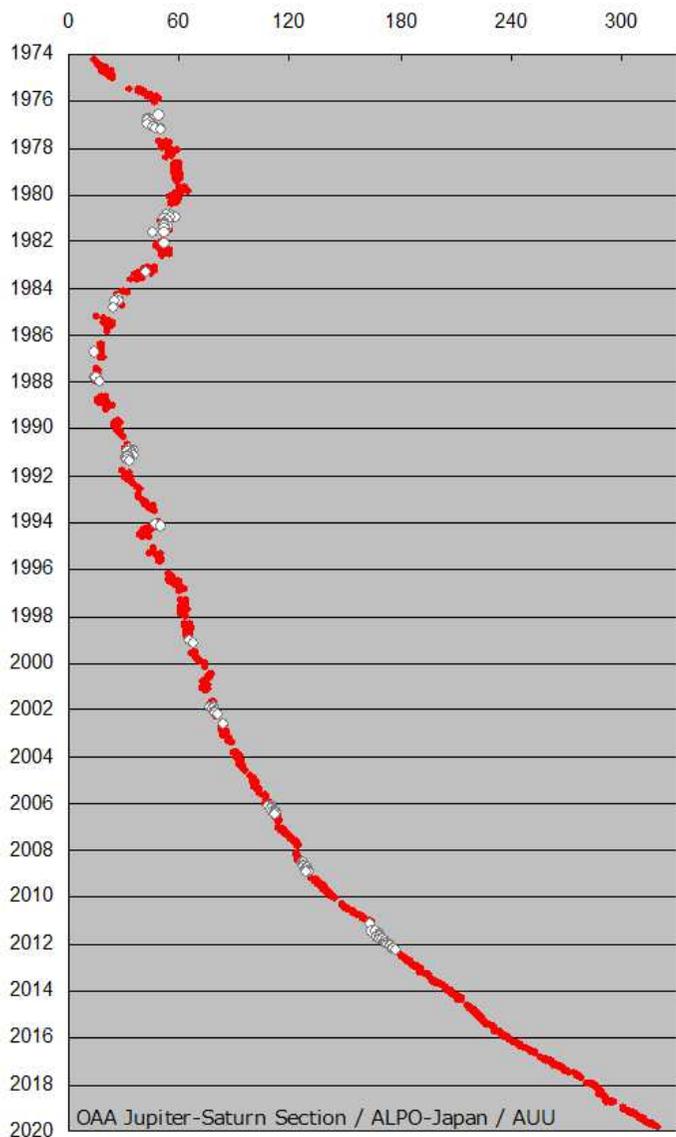


ありがとうございました

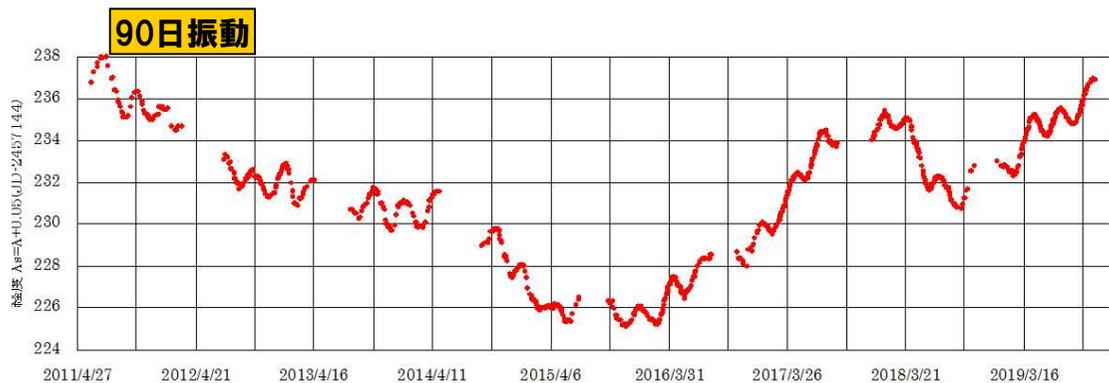
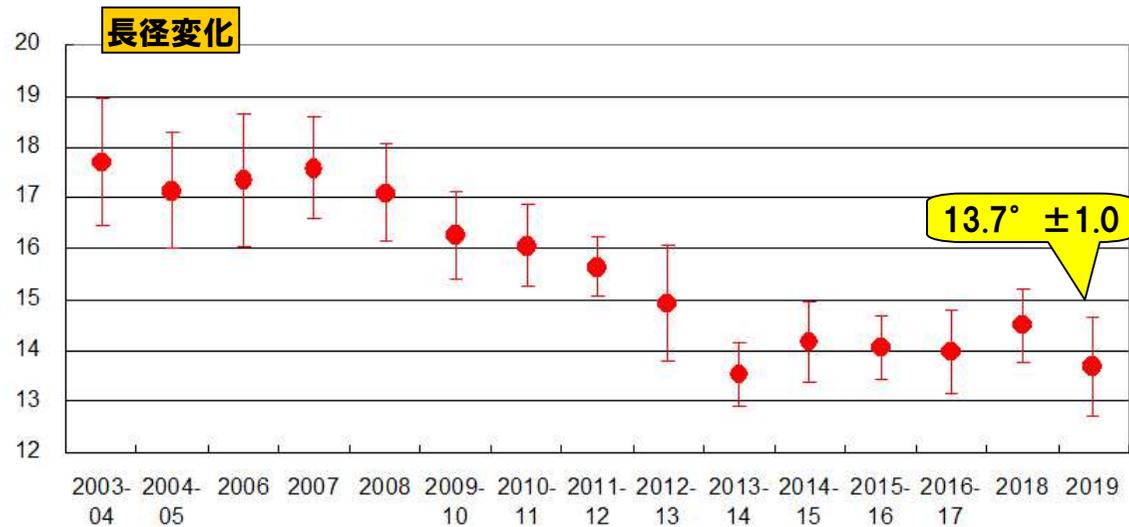
參考資料



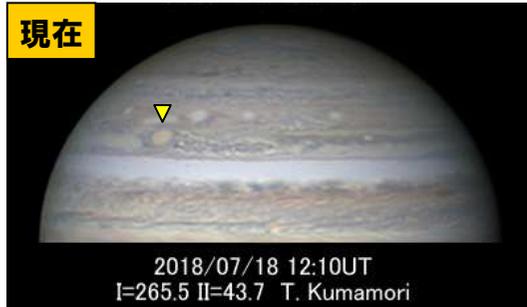
大赤斑の経度変化／サイズ／90日振動



• GRS ○ RS Hollow

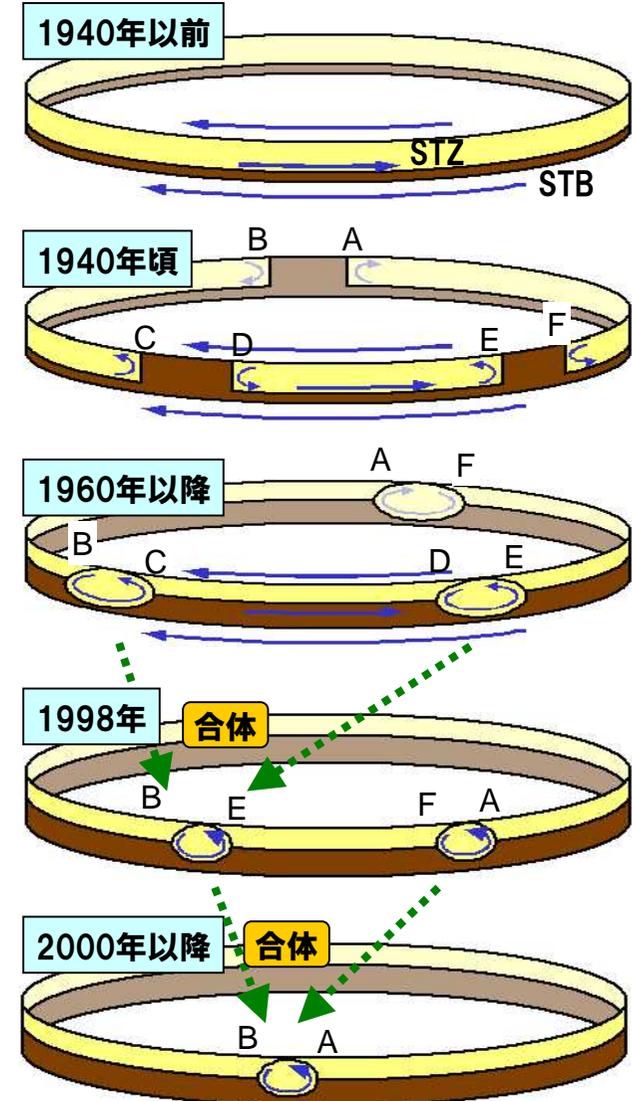


永続白斑とは？



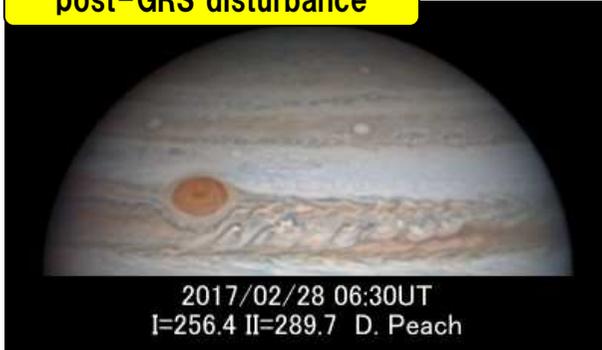
- 南緯33°の南温帯(STZ)にある長径8~10°の白斑。
- 1940年頃に形成されて以来、80年近く観測されている。木星面では大赤斑に次いで長命。
- 大赤斑と同じ高気圧的循環(左回り)の渦。大赤斑のミニチュア版と言われる。
- 1940年前後にSTZの流れが3つに分割され、縮小して白斑(BC、DE、FA)となった。
- 3つの永続白斑は、1998年~2000年に相次いで合体し、現在は「BA」と呼ばれるひとつの白斑となっている。
- BAは2005年に赤化し、現在は薄茶色に濁った白斑として見えることが多い。

永続白斑の成り立ち



SEBで起こる各種の白雲活動

post-GRS disturbance



mid-SEB outbreak

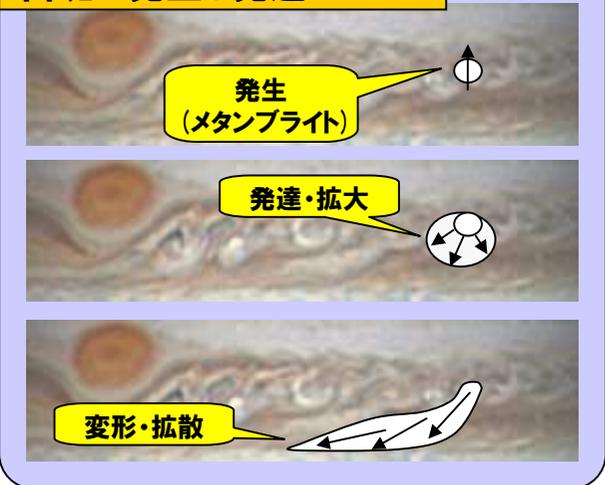


SEB攪乱



	特徴	発生場所	発生時期	白雲の供給源	発生間隔
post-GRS disturbance	RS後方の定常的な白雲領域	RS後方	SEB濃化時は常に存在	後端/同時多発	数ヶ月毎に消長
mid-SEB outbreak	SEB内部の突発的な白雲活動	全周どこでも	SEB濃化安定時	後端(今回は複数)	数ヶ月~数年
SEB攪乱	淡化したSEBが濃化復活 3つの分枝活動(北・南・中央)	全周どこでも(リースの発生源)	SEB淡化時	二次的な攪乱あり(最高4つ)	3年/15年(1971年以降)

白斑の発生と発達

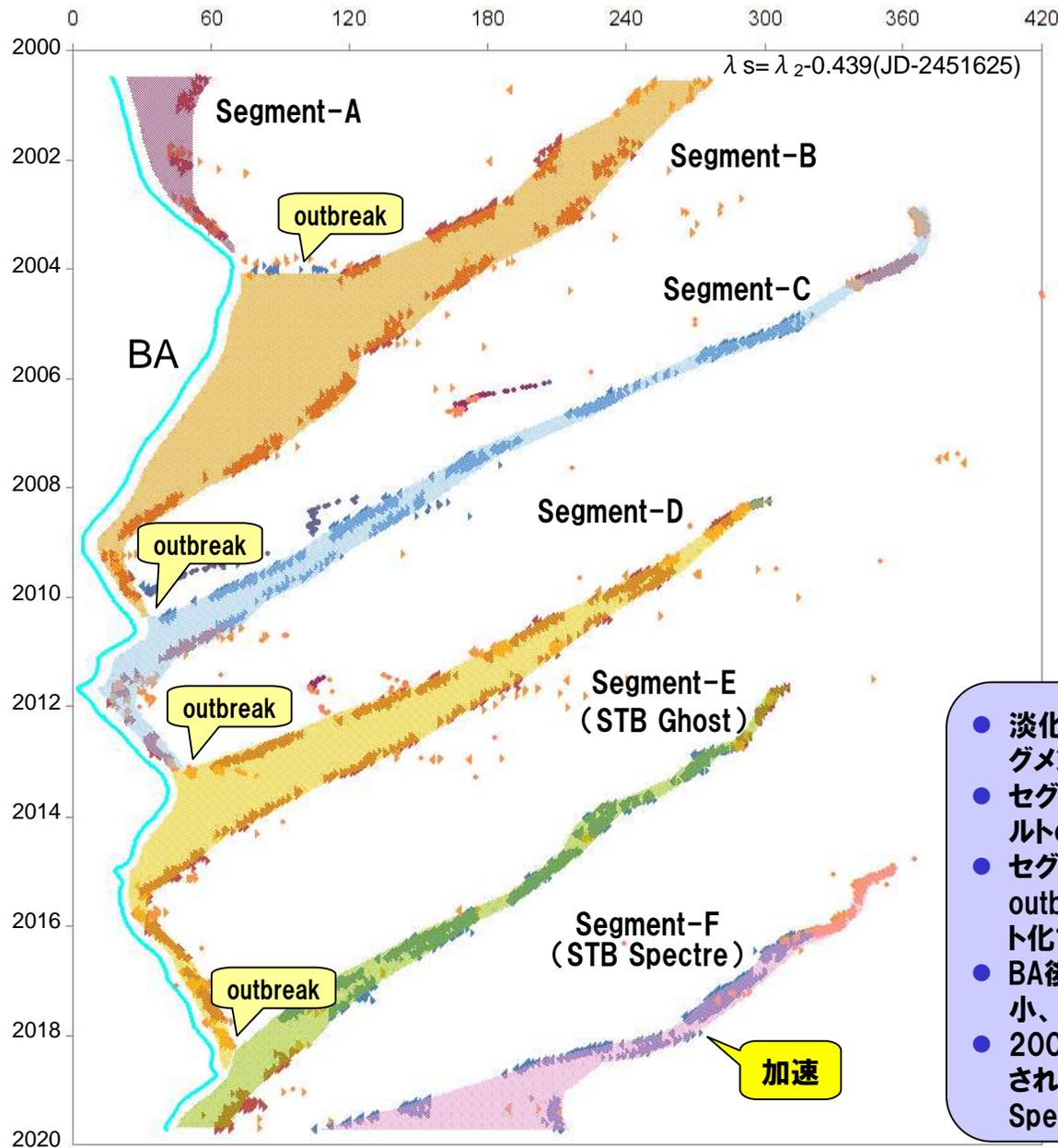


どれもよく似ている・・・ 同じ現象?? でも、..

出てきた煙はどれも同じように風で流されていくのだが・・・



STBの活動サイクル

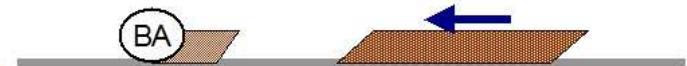


STBの活動サイクル

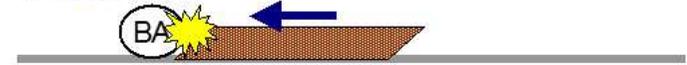
1. 小暗斑として形成



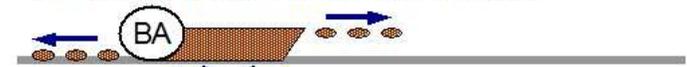
2. STBの暗部に成長（青いフィラメント領域になる場合もある）



3. BAに衝突



4. 崩壊・短縮（南北組織に沿って暗斑群を放出）



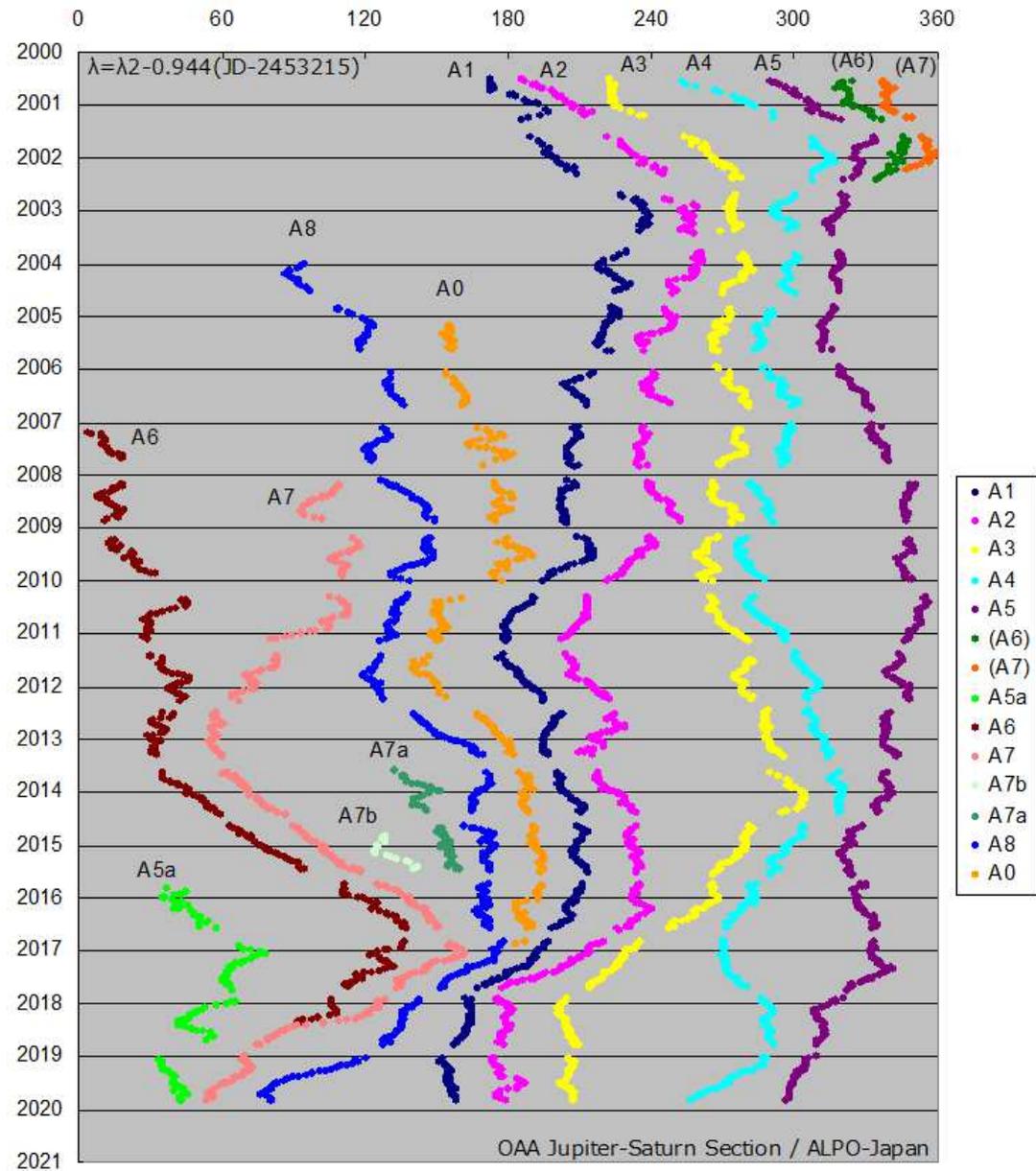
5. 短縮・消失（次世代のSTBが接近・衝突）



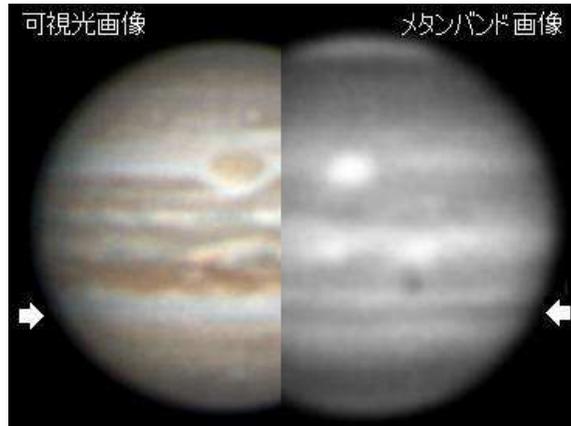
- 淡化したSTBには、ベルトに相当する低気圧的領域(セグメント)が3つ存在する傾向がある。
- セグメントはBA前方で暗斑として形成され、伸長してベルトの断片、または青いフィラメント領域となる。
- セグメントは前進してBAに衝突し、激しい攪乱活動(STB outbreak)を引き起こす。フィラメント領域は濃化してベルト化する。BAは加速する。
- BA後部のセグメントは、前後に暗斑群を放出しながら縮小、消失する。
- 2000年以降、セグメントは6つ、BAとの衝突は4回観測されている。2019年末に、6番目のセグメント(STB Spectre)が衝突する予定。



SSTBの高気圧的白斑(AWO)



メタンバンドによる画像



メタンバンドで見る木星面は。。

- 大赤斑はとても明るく、最も高い高度の様相であることがわかる。
- 両極も明るい。これは極の上空をヘイズ(霞)が覆っているため。
- 概ねゾーンは明るく、ベルトは暗く見え、可視光のパターンに似ている。ゾーンの雲は高く、ベルトの雲は低いことがわかる。ゾーンの中ではEZが明るく、特に高い雲の領域である。
- 上図の可視光画像では、通常濃い縞であるNTBが淡化・消失しているが、メタン画像では明瞭に見える(矢印)。雲の基本的な鉛直構造は変わっていないことがわかる。

- 木星大気に含まれるメタンは、近赤外のいくつかの波長を吸収する(メタンバンド)。特に、890nmの吸収は強い。
- 吸収の度合いは、太陽光が木星大気中を通過する経路の長さに依存。高い雲は経路が短く吸収が少ないので、明るく写る。低い雲は経路が長いので、吸収が大きく暗い。
- 890nmの波長での画像は、木星の雲のアルベドではなく、雲の高さを反映している。

