



南熱帯攪乱はなぜ大赤斑を越えられなかったか

(Why did STropD pass through the GRS?)

東亜天文学会木土星課／月惑星研究会

堀川 邦昭

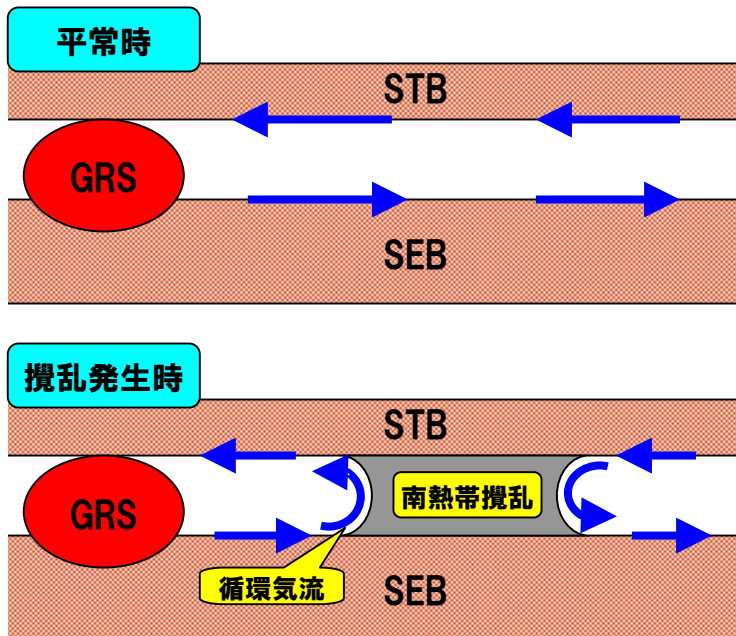
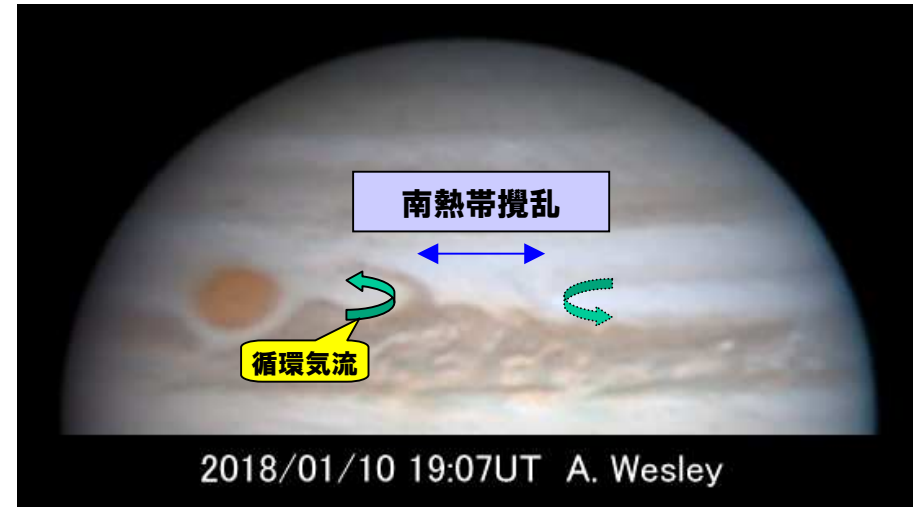
第42回木星会議 研究発表資料



南熱帯攪乱(South Tropical Disturbance)とは

南熱帯攪乱(South Tropical Disturbance)とは？

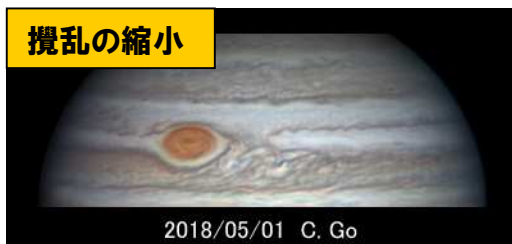
- 循環気流(Circulating Current: SEBsの後退ジェットとSTBnの前進ジェットが結合した構造)で前後端を区切られた、南熱帯(STrZ)の薄暗い領域。
- 数年～十数年に一度の割合で発生、概ね1～3年の寿命。1901年の攪乱は約40年存続した。
- 通常のSTrZよりも速い -0.5° /day程度のスピードで前進し、経度方向に成長する。
- 循環気流によるSEBsの後退暗斑のUターン運動や、大赤斑との会合時の特異な運動など、興味深い現象が起こる。



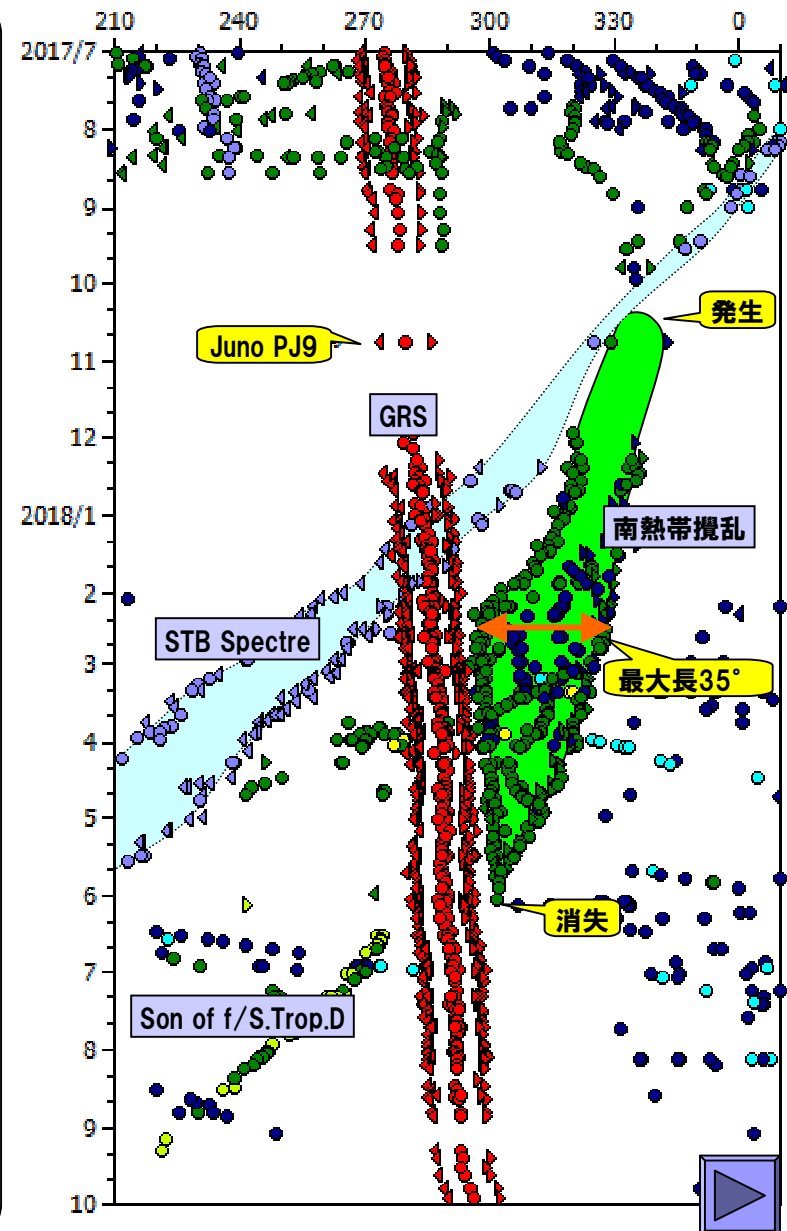
発生年	寿命	最大長	循環気流	大赤斑との会合	備考
1901	39年	230°	○	○(8.5回)	
1941	1年	33°			RS前方のstreak
1946	1.5年	$\geq 40^{\circ}$			RS前方のstreak
1955	2年	42°			
1970	1年	30°		△	
1975	<0.5年	60°			Dislocationに伴う
1979	2.5年	150°	○		Dislocationを含む
1984	0.5年	40°			Dislocationに伴う
1993	<0.5年	10°			
2007	1年	30°	○		2つ発生
2017	0.7年	35°	○	○	RSを通過できず消失

1984年以前は、Rogers(1995)による

2017-18年の南熱帯攪乱の概要



- 大赤斑後方 40° 、 $\lambda=320^\circ$ に出現。2007年以来、10年ぶり。
- JUNOのPJ9(10/24)の観測により発見。合直前で地上での観測はなし。
- SEBsの後退暗斑群から、STrZに複数の暗斑が形成され、それらが衝突・合体して南熱帯攪乱に変化したらしい。
- 前端は1月中旬に加速し、2月初めにRS bay後端に到達した。
- 予想されたRS前方へのジャンプは起こらず、攪乱前端はRSにせき止められたまま停滞。
- 攪乱前端から暗い模様がRSの南を回って前方へ流れ出すのが観測された。
- 攪乱は2月中旬に 35° の最大長に達したが、その後は後端の前進に伴って徐々に縮小。
- 後端は定速($-0.7^\circ/\text{day}$)で前進。5月末に前端に追いついた。
- 1本の暗柱となった攪乱は徐々にやせ細り、6月初めには消失。
- その後、RS前方のSTrBに暗斑出現。名残の高気圧的渦と思われる。BAAのRogersにより、Son of f-StropD(攪乱後端の息子)と命名される。

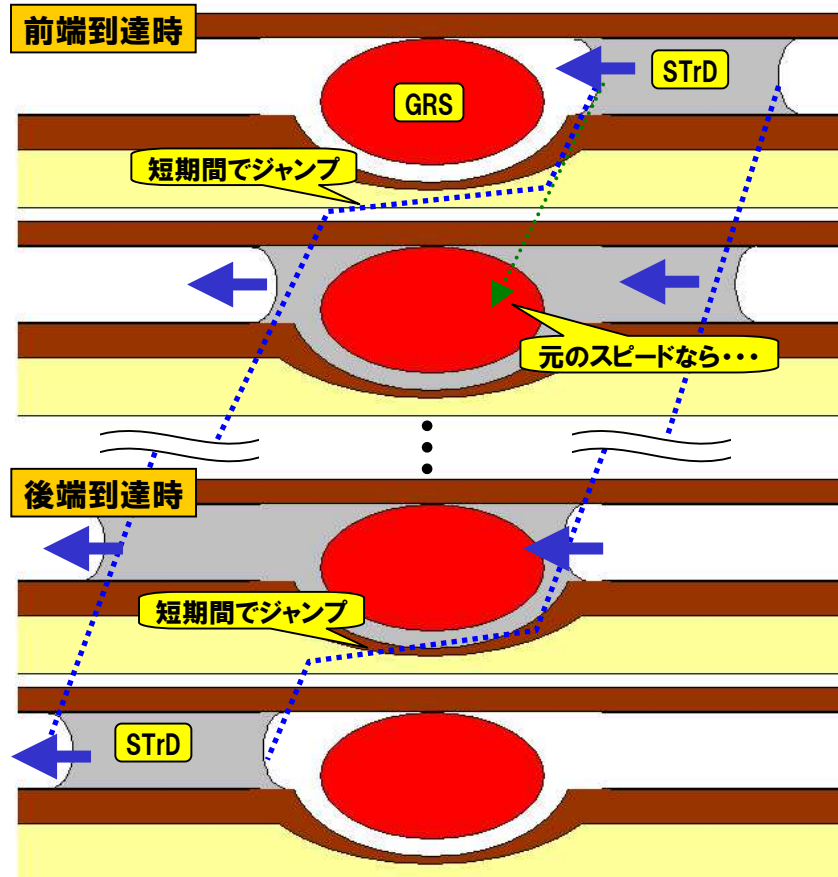
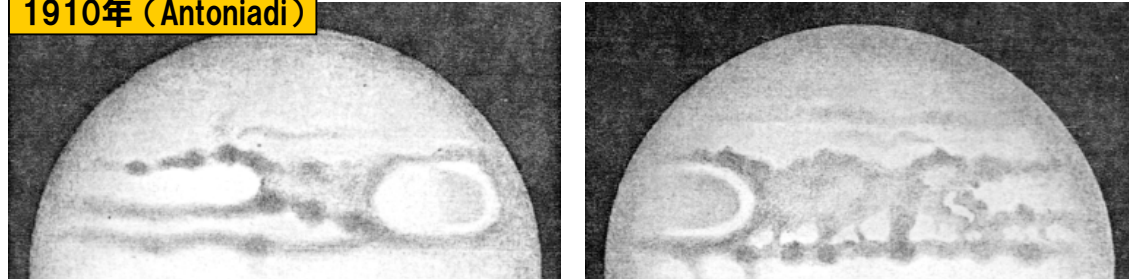


大赤斑との会合 - 過去の攪乱では？

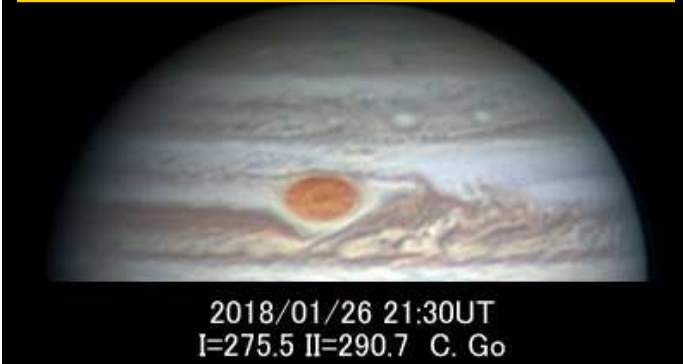
1901-39年の南熱帯攪乱では。。

- 攪乱は大赤斑に対して前進運動をしていたため、39年の間にRSを9回(1回は不完全)通過した。
- 攪乱は大赤斑内部には侵入せず、互いに影響することなく通過した。
- 攪乱前端が大赤斑後端に達すると、概ね短期間(数週間程度、最短で数日)で前方に現れた。後端も同様。元の前進速度であれば、数ヵ月かかるはず。
- 大赤斑を通過中の攪乱は、大赤斑の長さだけ長くなった。
- 攪乱通過中の大赤斑は加速した。
- このような現象から、大赤斑をソリトン(孤立波)とするモデルが提唱されたT.Maxworthy and L.G.Redekopp(1976a、b、1978)。

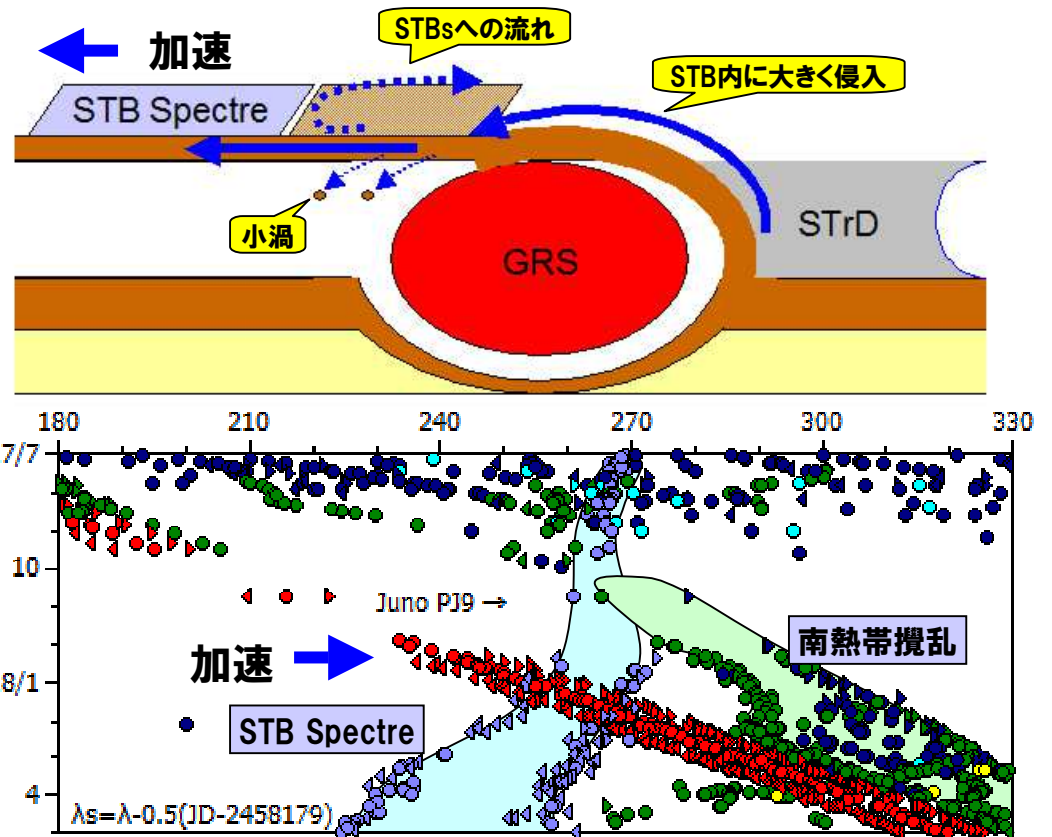
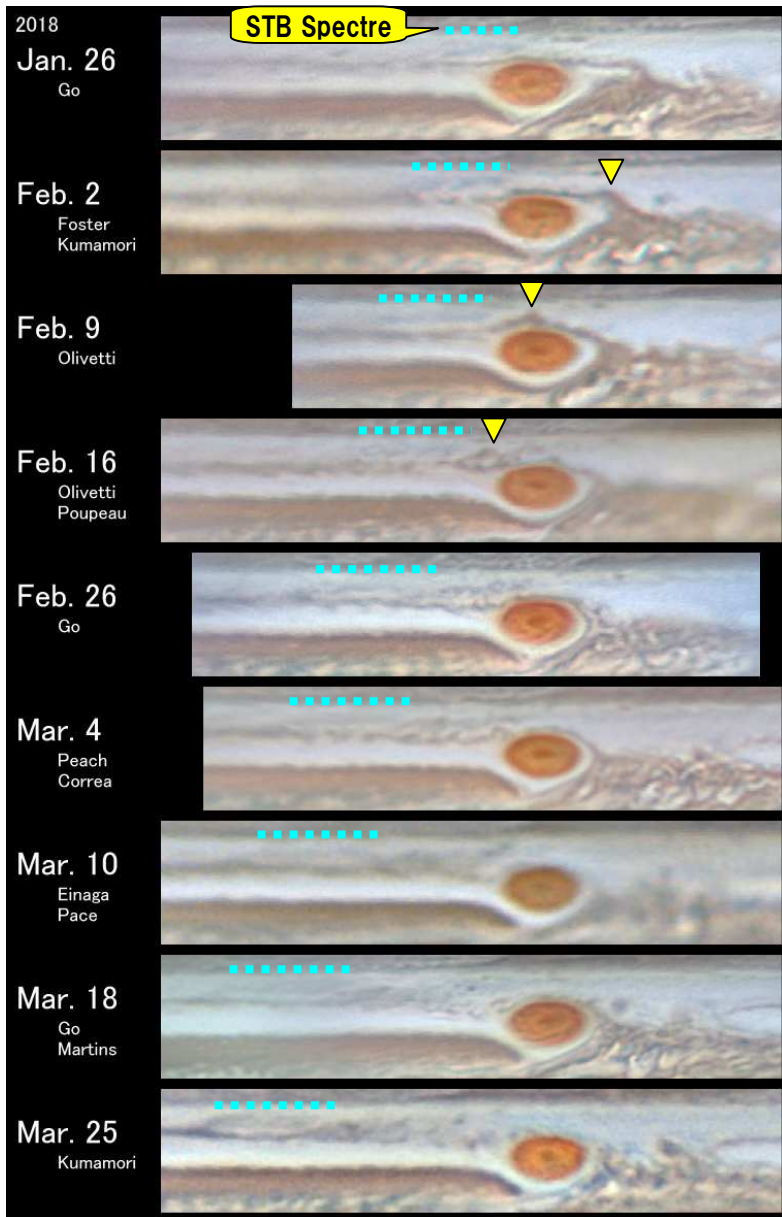
1910年 (Antoniadi)



今回はなぜ通り抜けることができなかったのか？

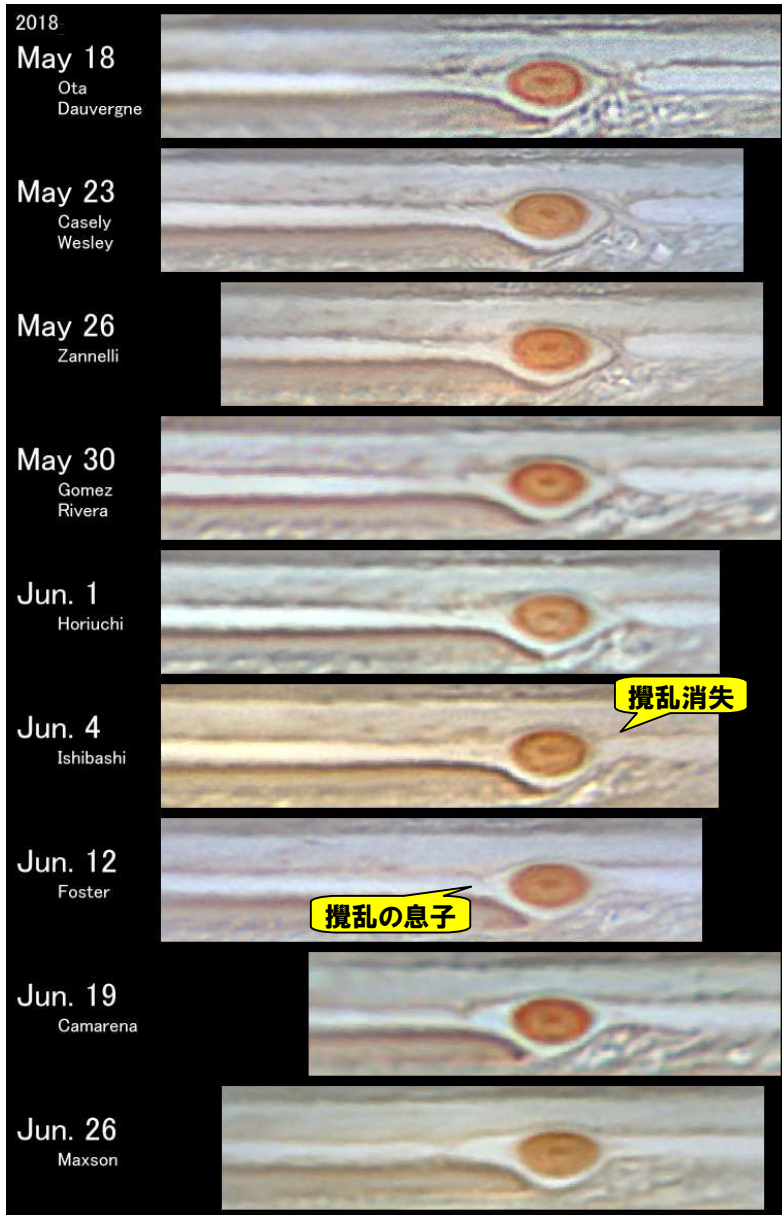


攪乱前端的の会合

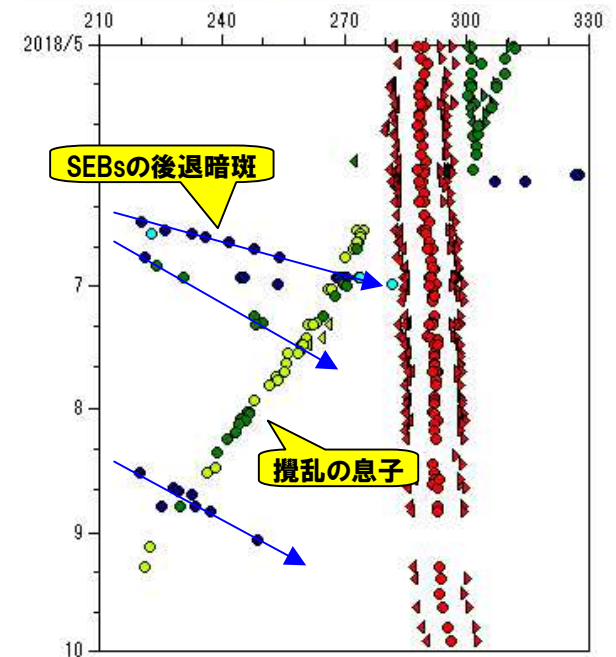
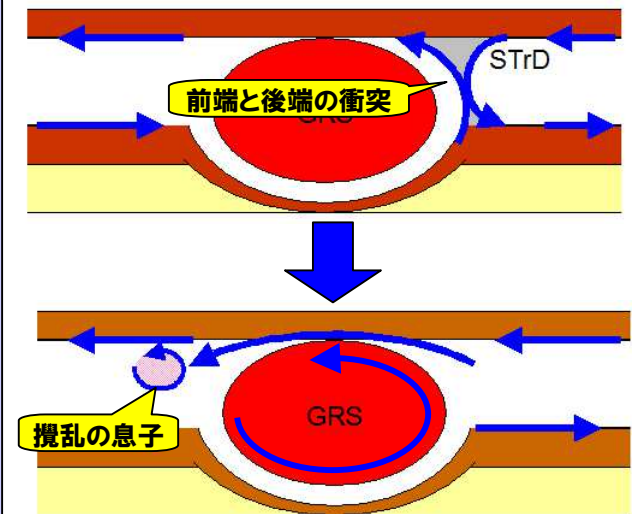


- 攪乱は1月中旬に加速し、2月初めにRS bay後端に到達した。
- 攪乱前端は大きく盛り上がり、RSの南を通って前方へ流れ出した。STrZに小暗斑が多数観測されたが、SEBsのジェットとの相互作用なし。
- 攪乱物質の一部は、RS南を通過直後のSTB Spectreにぶつかり、低気圧的な(右回り)流れを作って滞留し、薄暗い領域を形成した。
- 結果としてSTB Spectreは $-0.5 \rightarrow -0.7^\circ / \text{day}$ に加速した。
- 予想されたRS前方へのジャンプは起こらず、攪乱前端はRSにせき止められたまま停滞。

攪乱後端の会合



- 攪乱後端はRSに近づくやや加速、5月末に前端に追いついた。
- 攪乱は1本の暗柱のようになって徐々にやせ細り、6月初めに消失。
- 攪乱後端は前端と異なり、STBに広がることなく、RSの直近をすり抜けるように通過したが、RS前方で再生することはなかった。
- 6月中旬、RS前方のSTrBにくびれのような暗斑出現。攪乱の名残の高気圧的渦と思われる。BAAのRogersにより、Son of f-StropD(攪乱後端の息子)と命名された。
- 攪乱の息子は -0.65° /dayで前進。9月に消失した。
- 攪乱の息子の北をSEBsの後退暗斑が数個通過した。攪乱復活が期待されたが、STrZに淡い暗柱が現れたものの、攪乱は再生せず。



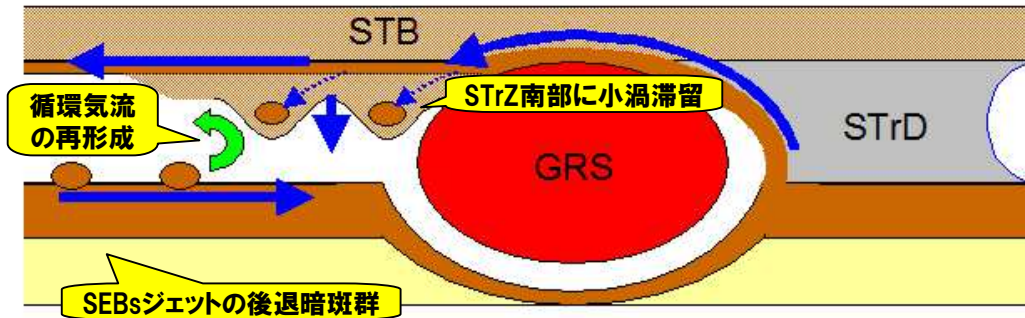
大赤斑との会合ー過去の記録から

	前端	[通過所要日数] 説明(The Planet Jupiter / BAA Memoir)	後端	[通過所要日数] 説明(The Planet Jupiter / BAA Memoir)	SEBsの活動
#1	1902 Jun.	[数日] RS Hollow後端に到達後、数日のうちにHollow前端に暗部出現	1902 Sep.		あり
#2	1904	[直後] 攪乱前端がHollow後端に到達直後、前端の上部に暗部出現	1904 Aug.	[0日] 直接観測されていない。会合前後の攪乱後端のドリフトを延長すると、Hollow前後端への到達は同日	あり
#3	1906 Feb.	[14日] Hollow後端への到達は25日、4月初めにHollow前方が暗化し始め、中旬に攪乱前端が再生。ドリフトを外挿するとHollow前端を3月11日に通過と推定。	1906 Aug.以降	[12日]	
#4	1908 Jan.	1月中旬にHollowと会合			
#5	1910 Jan.	Hollow前端のSTrZ南部から薄暗い物質が徐々に下がってきた。前端の再形成は3月			
#6	1913年の初め	シーズン明けの直前に会合、前端の再形成は1913年3月末～4月	1914 Jun.	[6週間] 6月半ばにHollow後端に到達、前端出現は8月初め	
#7	1917 Feb.	2月末～3月第1週にHollow後端と会合、前端への出現はシーズン末で確認できず			
#8	1923 Jan.	Hollow後端に到達するも前方では確認されず。大赤斑の加速により翌年には後方に離れる			
#9	1928 Nov.	[数日] Hollow後端への到達は11月初め、7日には前方に暗部出現			
#10	1939 Dec. ?	前端不明瞭によりHollow後端との会合を確認できず			

- 攪乱の前後端とRS Hollowとの会合が、直接観測された例は少ない。
- 発生初期を除いて攪乱の前後端は、多くの場合不明瞭だった。
- 会合前後の攪乱のドリフトから、RS Hollow前後端到達日を推定し、通過所要日数としている例が複数ある。
- 攪乱のRS Hollow通過所要日数は、Hollow後端への到達から、前端側に暗部が現れるまで。攪乱の前後端が再形成されるには、数週間を要している。
- SEB攪乱など、SEBsジェットの活動が活発な時期は、短期間で明瞭な攪乱前後端が形成される傾向があるようだ。

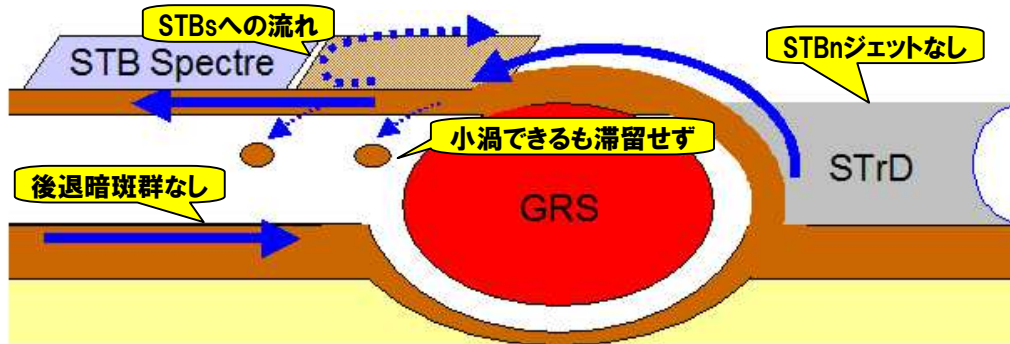
まとめ：攪乱が大赤斑前方で再生しなかった理由

1901-39年の南熱帯攪乱のケース



- 攪乱物質は大赤斑の南を通って前方へ流れ出し、一部はSTrZ南部に小渦群から成る暗部を形成する。
- この暗部は元の攪乱と同程度のドリフトで前進。
- 小渦の供給が続いて暗部が北へ成長すると、SEBsのジェットと接触して循環気流が再形成され、明瞭な攪乱前端となる。
- SEBsジェットの後退暗斑群は、このプロセスを促進する働きをする。

今回の南熱帯攪乱では・・・



- STBnジェットが存在せず、攪乱物質はSTBの緯度に自由に入り可能。
- 大赤斑前方へ流れ出した攪乱物質はSTB上でSTB Spectreを加速させ、一部はSTBsの後退ジェットに乗って後方へ。
- STrZ南部の小渦群は、暗部として発達せず。
- SEBsジェットの後退暗斑群は不活発、循環気流を再生するトリガーなし。

- ① 攪乱物質がSTB上へ広がり、大赤斑前方で十分に蓄積されることがなかった。
- ② SEBsジェットの後退暗斑群が不活発で、攪乱物質との相互作用から循環気流を再形成させることができなかった。

この発表では、下記の方々の画像を使用させていただきました。
ありがとうございました。

(敬称略、五十音順、アルファベット順)

阿久津富夫	(茨城県)	Bruce Macdonald	(米国)	Leigh Westerland	(オーストラリア)
石橋力	(神奈川県)	Carmelo Zannelli	(イタリア)	Luigi Morrone	(イタリア)
井上修	(大阪府)	Christophe Pellier	(フランス)	Luis Amiama Gomez	(ドミニカ)
永長英夫	(兵庫県)	Christopher Go	(フィリピン)	Manolo Rodriguez	(スペイン)
大田聡	(沖縄県)	Clyde Foster	(南アフリカ)	Manos Kardasis	(ギリシャ)
菅野清一	(山形県)	Damian Peach	(英国)	Mark Lonsdale	(オーストラリア)
熊森照明	(大阪府)	Dimitrios Kolovos	(ギリシャ)	Martin R Lewis	(米国)
鈴木邦彦	(神奈川県)	Efrain Morales Rivera	(プエルトリコ)	Michael Wong	(中国)
堀内直	(京都府)	Eric Sussenbach	(オランダ)	Michel Jacquesson	(フランス)
宮崎勲	(沖縄県)	Fernando Silva Correa	(チリ)	Milika-Nicholas	(オーストラリア)
山崎明宏	(東京都)	Gerald Stelmack	(カナダ)	Paul Maxson	(米国)
柚木健吉	(大阪府)	Giancarlo Rizzato	(イタリア)	Pericles Enache	(ブラジル)
吉田知之	(栃木県)	Guilherme Grassmann	(ブラジル)	Peter Edwards	(英国)
Agapios Elia	(キプロス)	Javier Beltran Jovani	(スペイン)	Tiziano Olivetti	(タイ)
Alexei Pace	(マルタ)	Jean Jacques Poupeau	(フランス)	Vlamin da Silva Junior	(ブラジル)
Andy Casely	(オーストラリア)	Jean-Luc Dauvergne	(フランス)	Walter Martins	(ブラジル)
Anthony Wesley	(オーストラリア)	Joaquin Camarena	(スペイン)	以上 52名	
Avani Soares	(ブラジル)	John Kazanas	(オーストラリア)		