

研究の面から見た 2019年7月皆既日食の注目点



花岡 庸一郎(国立天文台)

今回の日食の注目すべき点

- チリの天文台群設置地のひとつ、ラ・セレナ地域を皆既帯が通過
 - もうひとつの中心地が、アントファガスタ・アタカマ地域で、ALMAがある(今回は部分食)
 - ラ・セレナ地域のセロ・トロロ天文台では公募による科学観測
- 太陽活動極小期における日食

ラ・セレナ地域

- 8m級望遠鏡が設置・建設中である他、次世代の口径24.5mのGiant Magellan Telescope、39mのExtremely Large Telescopeが建設中
- 今回はラ・シーヤ天文台、セロ・トロロ天文台を皆既帯が通過



X. Jubier / Google Map

セロ・トロロ天文台

- アメリカAURAがチリで運用する天文台
 - 標高2200mの砂漠のような山の上
 - 4m望遠鏡を始め、多数の装置を設置
 - 普段は太陽観測は小さな装置で行っているだけ
- 今回の日食で観測提案を募集(場所の提供)
 - 我々を含む5チームが観測することになった



X. Jubier / Google Map

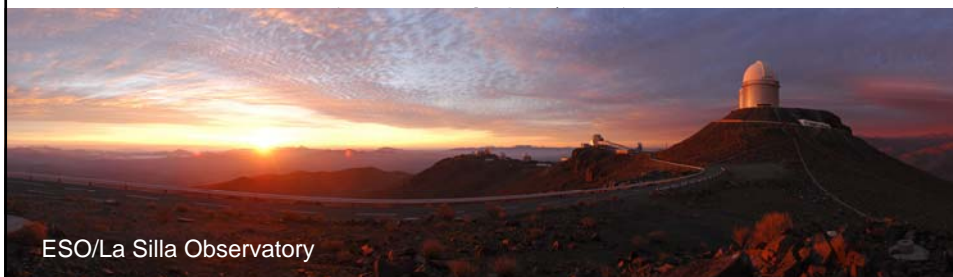
セロ・トロロ天文台で採択された 観測チーム・テーマ

- Williams College (米)
 - コロナの輝線などの撮像
- Solar Wind Sherpas (米他)
 - コロナの輝線などの撮像
- 高高度天文台他 (米)
 - 赤外コロナ輝線の偏光観測
- カナリア天体物理研究所(スペイン)
 - 地球大気・電離層への日食の影響
- 国立天文台(日本)
 - 多点白色光コロナ測光・偏光観測



ラ・シーヤ天文台での観測

- ラ・シーヤはヨーロッパ南天天文台が運営
- 今回の日食では、コロナの撮像・偏光などの他、3.6m望遠鏡など夜間観測用の望遠鏡もいくつか動員したらしい
 - 電離層の観測も
- 日食における重力レンズ効果検出の再現実験



ESO/La Silla Observatory

日食当日のセロ・トロロ天文台

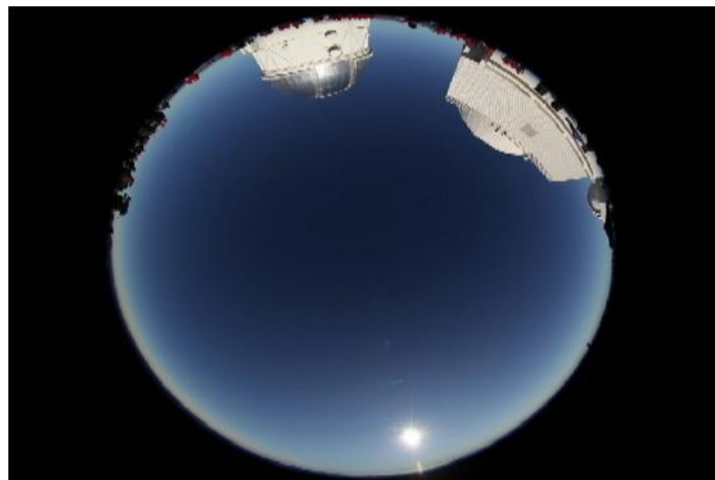
- 科学観測以外に、報道・教育関係、アメリカと地元のVIPゲストが多数来訪



日中は寒くなかったが、日食前夜に泊まったセロ・パ
チョン(2700m)では雪が残っていた

多数のVIPゲストや観
測者でごった返す食堂

皆既時の様子

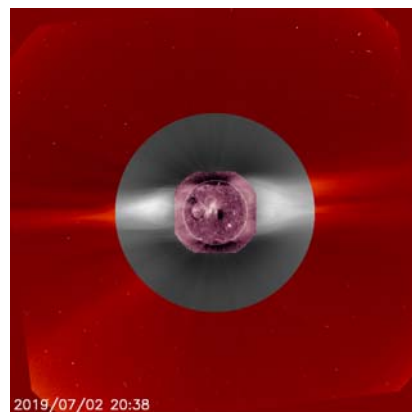


我々の観測

- 高温コロナの明るさを正しくとらえるため、偏光観測を行った
 - コロナには、太陽起源の高温コロナ(Kコロナ)だけでなく、惑星間空間ダスト由来のFコロナも混ざっており、可視光で直線偏光しているKコロナだけを取り出すことにより、その明るさを定量的に知ることができる
 - アマチュアの観測者と共同して、多点観測を試みた
 - チリ、アルゼンチン各1カ所で同じ偏光観測装置での観測
 - 独自の偏光観測装置での観測の試み
 - 以前から行っている、校正データを合わせて取得することによる白色光コロナ観測も

日食でとらえるコロナの全体像

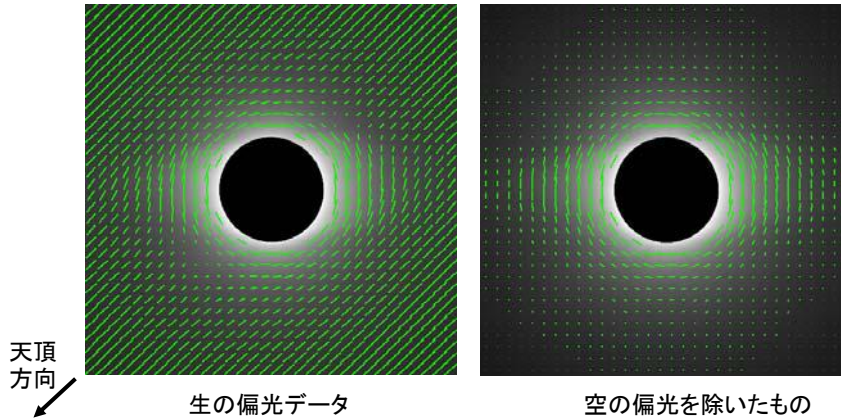
- コロナの物質はどれだけあるのか？ 太陽活動でどれだけ変わるのか？
 - 白色光コロナでは温度によらない物質をとらえることができる
- 人工衛星では太陽に近い低空、太陽から離れた上空しか見えないので、コロナの全体像が分からない
 - 特に白色光は上空だけ



SDO/AIAによる紫外線画像、日食画像、SOHO/LASCOコロナグラフによる画像

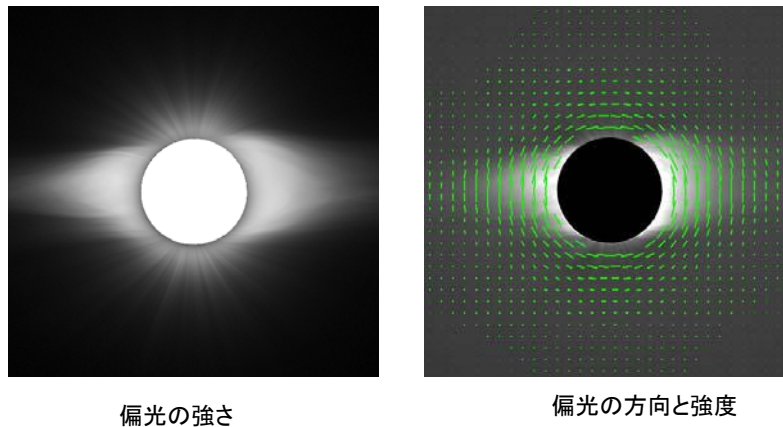
実際の偏光データ

- 生の偏光データでは、空の直線偏光がかなり強く見えている
 - 緑色の線が、直線偏光の方向と強さを示す



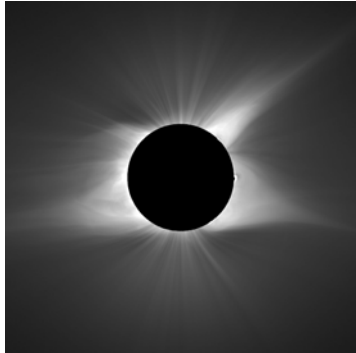
Kコロナの偏光

- 基本的にコロナが明るいところで、同心円状の偏光が見えている

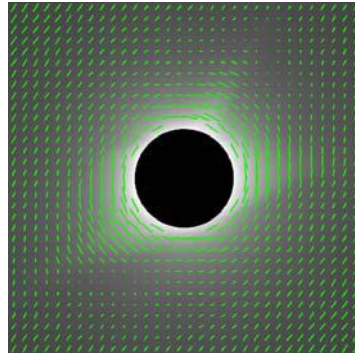


2017年の結果と比べると

- 空の偏光は見えているが、今年ほどではない
- 低空のせいで強かった？(今回は高度13度)
 - 日食時の全天の偏光も研究対象になっている



2017年日食でのコロナ



2017年日食での偏光
(オレゴン州・高橋浩一さんの観測データ、
高度40度)

他グループの観測テーマの中から

- 上空までのコロナの温度分布(Solar Wind Sharpas、ハワイ大学他)
 - 輝線コロナの撮像観測に基づく、人工衛星では不可能な上空までのコロナの温度分布を調べる
 - 太陽風へつながっていくプラズマの温度構造を知る
 - 180万度程度のコロナが見えるFe XIV 530.3nm (green line)、90万度程度のコロナが見えるFe X 637.4nm (red line)での撮像



Solar Wind Sharpas

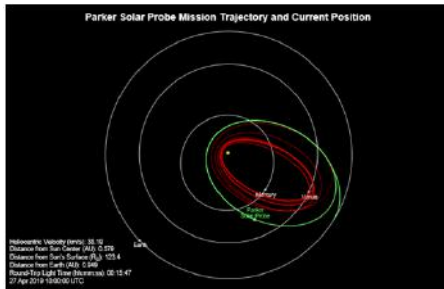
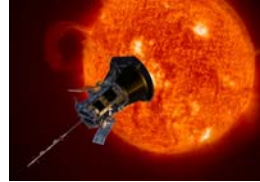
コロナ輝線とは

- 特定のイオンが出す光が見えている
- フラッシュスペクトル上に見える

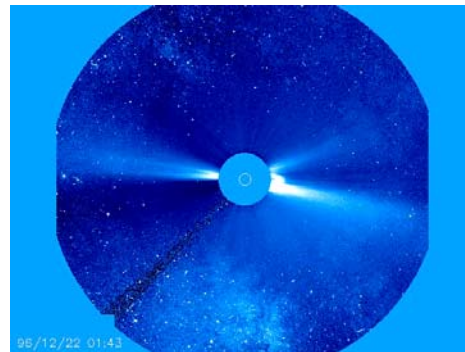


Parker Solar Probe (余談ですが)

- アメリカが2018年に打ち上げた探査機
- 太陽風を、その源に近いところで直接とらえる
 - 水星軌道より内側、人類史上太陽に最も接近



NASA/JHU/Parker Solar Probe



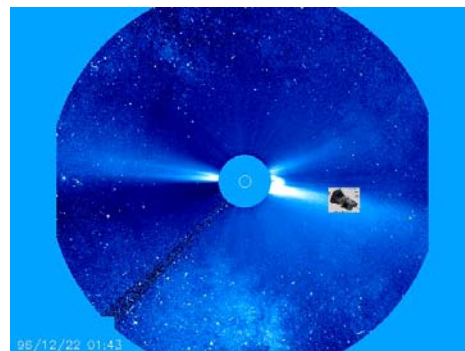
LASCOによる観測 (ESA/NASA)

Parker Solar Probe (余談ですが)

- 最接近時には、日食で見えるコロナに肉薄する



NASA/JHU/Parker Solar Probe

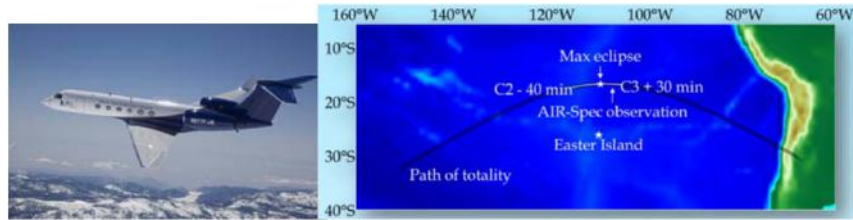


LASCOによる観測 (ESA/NASA)

他グループの観測テーマの中から

高高度天文台他のグループによる航空機 ・地上連携観測

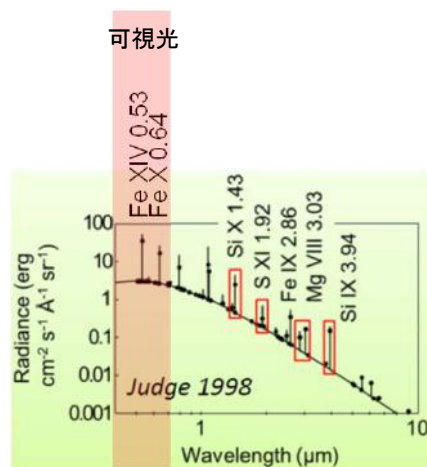
- 地上では赤外線フィルター観測による輝線画像の撮影
- 飛行機では赤外線偏光スペクトルの撮影
 - 赤外線観測用に改造されたGulfstream-V
 - Harvard & Smithsonian (CfA) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR)と連携
 - AIR-Specという装置を積んでいる
 - 2017年日食で初飛行



HAO/CfA Harvard/NCAR

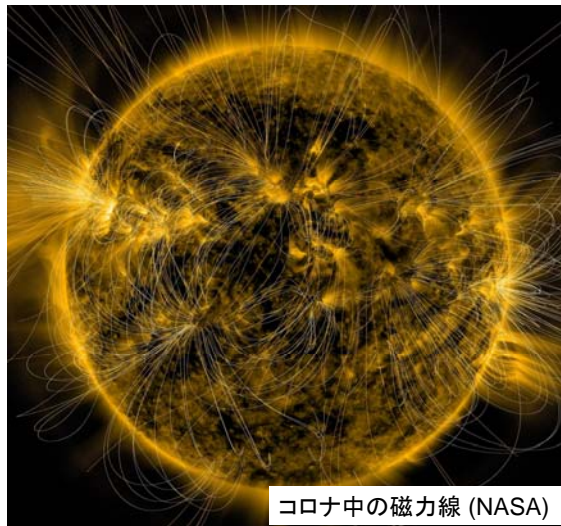
他グループの観測テーマの中から コロナの磁場をとらえる

- コロナ輝線では、偏光をとらえればコロナ磁場を直接測定できる
- 赤外線にもコロナ輝線があり、絶対強度は可視光より弱いものの、偏光をとらえやすい
- 1~4 μ での観測の試み



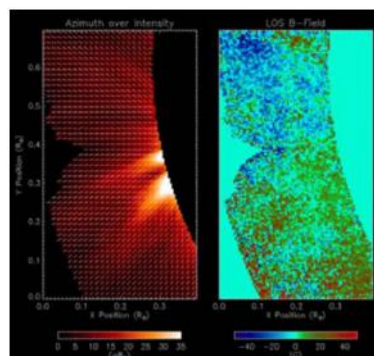
コロナの、連続光と輝線のスペクトル

コロナの磁場



コロナの磁場

- コロナ磁場の直接測定は容易ではない
- 地上のコロナグラフで観測された例(右図)では、積分時間2.4時間!
- DKIST (ハワイで建設中の4m太陽望遠鏡)でも観測予定
- 日食においても重要なテーマ

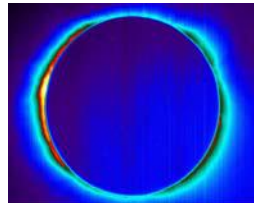


地上のコロナグラフ観測で得られたコロナ磁場

Tomczyk+2008

余談：2017年に行われた、航空機による別の観測

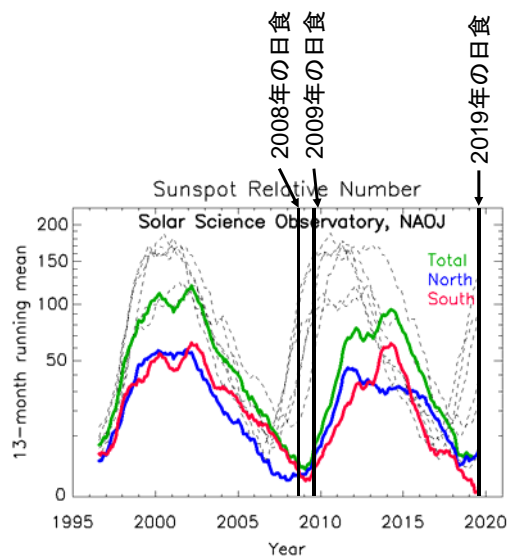
- スペースシャトルの打ち上げ監視用にNASAが所有していたWB-57Fというジェット機2機を、日食観測用に改造 (NASA/Southwest Research Institute/コロラド大学)
- 上空から7.5分間にわたって、可視・赤外での連続撮像を行い、小規模活動現象や波動現象の検出を試みた



NASA/Southwest Research Institute/コロラド大学

太陽活動極小期に起こった日食

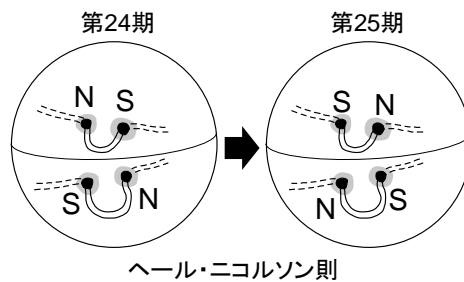
- 前回の極小からまだ11年にもならないが、既に極小期の様相
 - 2008年、2009年の日食に匹敵する、以前の極小期より活動が低下した状態で迎えた日食



(国立天文台)

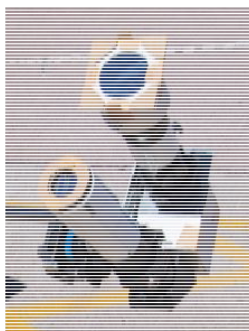
次の太陽活動期への移行が近いと思われる

- 第24期の最初の黒点：2008年1月
– 極小の1年前
- 第25期の最初の黒点：2018年4月と思われる
– 既に次の太陽活動周期の黒点が現れている



コロナもやはり深い極小期

- コロナの明るさは2008～2009年並みに暗い
- このような日食で、眼視で見たフラッシュスペクトルは



塩田和生
さん撮影

フラッシュスペクトルを眼視で見てみた

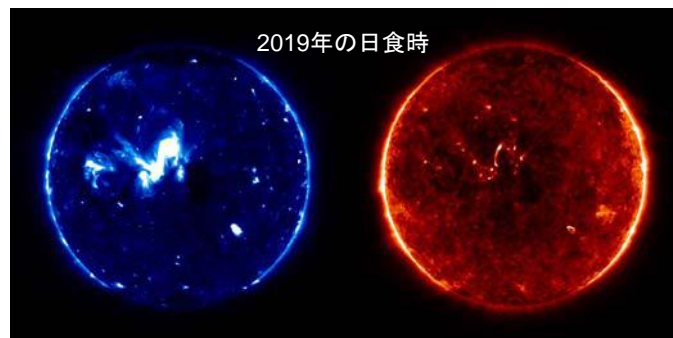
- 通常、Red Lineと呼ばれるFe X 637.4より、Green Lineと呼ばれるFe XIV 530.3が明るく見える
- 今回の日食ではFe XIV 530.3がほとんど見えなかった(2017年にはよく見えていた)
- フラッシュスペクトルの撮影をされた方は、2017年等と比較してみてもいい？



塩田和生さん撮影

太陽コロナの温度の低下

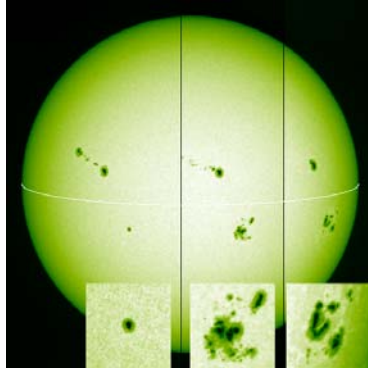
- 2017年に比べて、特に180万度のFe XIV 530.3輝線が明るさが低下
- 衛星画像からも太陽コロナの180万度成分の減少がわかる
 - 低温成分は大きくは変わっていない



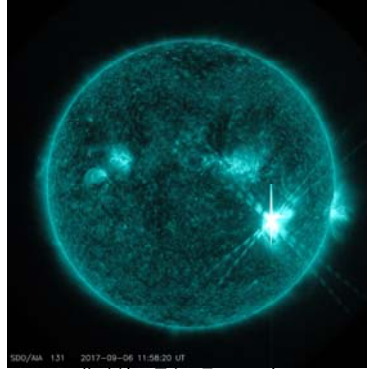
200万度のコロナ (SDO/AIA 211 Å)と63万度のコロナ (SDO/AIA 171 Å)
NASA/SDO/AIA

2017年には

- 2017年には、日食の2週間後に、11年ぶりの規模となる、今サイクル最大のフレアが発生した



2017年9月2・5・8日の黒点の様子 (国立天文台)

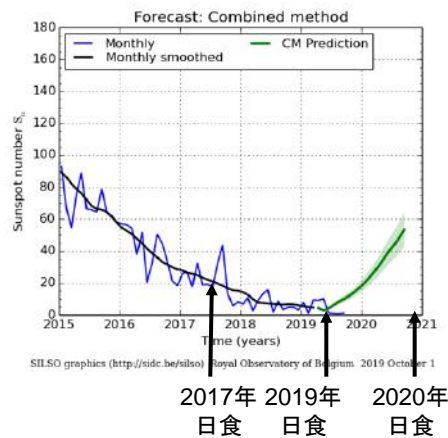


紫外線で見た9月6日の大フレア (SDO/AIA, NASA)

2019年は

- 6月以降、月平均黒点相対数が1.0前後という低調な活動の中で起こった日食
- 2020年日食ではそれなりに活動が上昇している可能性が高い

SIDC(ベルギー王立天文台)による黒点相対数とその予想



最後に

- 当たり前ですが、日食で見えるコロナは、その時の太陽の活動状況を反映しています。
- 普通にコロナを見るだけでは見えない、様々なコロナの姿も研究されていることを、思い出して頂ければ幸いです。