

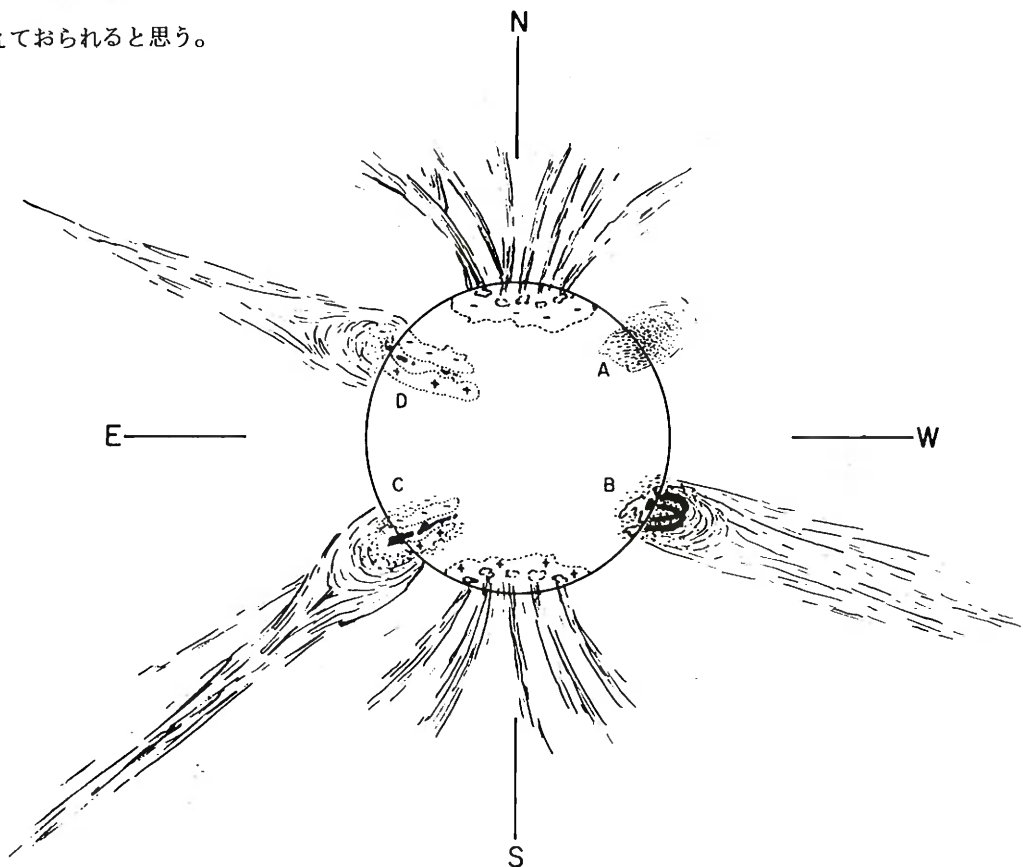
コロナの微細構造からコロナトランジェントまで

秦 茂

太陽コロナの微細構造について書かれた書物は数多いが、私が東京天文台で勉強していた当時の2冊の本を紹介させていただく。

今ではそう古くなってしまったであろう太陽コロナの、その教科書はDonald E. Billings著による“A Guide to the Solar Corona”でその版は1966年、今から24年も昔の教科書である。恐らく若い方々には古くて、もう読む価値もないと片付けられそうであるが、20年前の私は何度か読み直してこの本に啓発される所が大きかった。

もう一冊は殆ど同時代に書かれたGordon Newkirk, Jr.による“Structure of Solar Corona”であるが、文中のコロナの微細構造は、この二冊の本による所が多い。最近の日食で多くのアマチュアの方々が使われるニューカーク・フィルターでその名前をおぼえておられると思う。



コロナの微細構造：ニューカーク「Structure of Solar Corona」より

このフィルターは1966年のポリビア日食でニューカークによって始めて使われたものであり、このフィルターの使用以後コロナの微細構造についての研究は急速に進められたと言っても良い。

特に太陽のへりに近いK-コロナでは、その輝度の変化が著しいので、縁に近いストリーマー、コンデンセーションはオーバー・エクスポージャーのためにマスクされてしまうのである。

24年前の教科書でも、ストリーマー、ポーラープリューム、コンデンセーション、ヘルメットについての記述があり、観測の手段としても、コロナグラフ、コロナのスペクトログラフ、紫外線コロナ、電波コロナなどがあるが、表題のコロナルトランジェント、及びコロナホールは最近のX線望遠鏡によるものである。

コロナホールでは太陽面の数分の一を被っているし、コロナルトランジェントは、時には太陽自身よりも大きな現象で、もはや微細構造と呼ぶことは出来ないスケールである。

用語の一つ一つの説明に入る前に、日食外に使われるコロナや太陽の観測装置について簡単に説明して置く。

コロナグラフ

フランスの天文学者、ベルナル・リオの発明によるもので、今から60年前1930年のことである。

空の条件の良い場所を選んで、最初のコロナグラフはフランス・ピレネー山脈のピク・デュ・ミディ（高さ2680 m）に置かれた。装置は極めて簡単なもので、太陽、光球の像を、小さな金属の遮蔽円板でさえぎり、遮蔽板の後方に置かれたレンズによって、コロナを撮影する装置である。

其の後コロナグラフは次第に改良が加えられたが、地上で観測する限り太陽半径の2倍までが測定できる範囲であって、条件のよい日食観測では太陽半径の6倍程度を覆うことが出来る。

しかし、アメリカ、ソビエト、日本、フランス、ペルーなどに、コロナグラフが設置されるに及んで、太陽コロナが日食外に24時間追跡できる点、日食観測では比較し得ない利点を持っている。

太陽電波望遠鏡

第二次世界大戦中（1942年）に、イギリス海軍のレーダー部隊によって発見された太陽電波は、その当時は偶然に発見されたものであるが、1945年まではその発見は極秘のうちに伏

せられていた。

反射望遠鏡と同じ様に、一般には、おわん型をした放物面鏡（パラボラ）を天体に向け、その焦点に電波の取り入れ口がある。電波は導波管によって受信機にみちびかれる。

アンテナの面は、金網のものや、精度のよい金属面のものであるが、これは受ける波長の違いによるものである。

電波で太陽を見ると、メートル波とセンチ波で太陽像が大きく違って見える。

メートル波は波長が30 cmから10 mの範囲であるが、その像は、日食時に見えるコロナの形と極めて似ている。これに対してマイクロ波（波長1 cmから30 cm）の像は円盤状となり、その所々にS一成分と呼ばれる明るい部分がはみ出しているが、これは黒点群の活動域の上空に存在する。

最近では野辺山の45 m電波望遠鏡を使った太陽観測も行われ、極冠、コロナホールなどの観測がミリ波高分解能マッピングによって得られている。

天体観測用衛星

エクスポローラー、マリナー、パイオニア、軌道天文台、軌道太陽天文台などが、現在までに活躍して来たが、太陽観測については、スカイラブ上に搭載されたアポロ望遠鏡による所が大きい。

スカイラブでの中心となる装置は、X線望遠鏡、極端紫外スペクトロヘリオグラフ、紫外スペクトロヘリオメーター、紫外スペクトログラフおよび可視光コロナグラフで、波長域は2 Åから7000 Åの範囲で、太陽データを集めている。

スカイラブの5年後に打ち上げられたアインシュタイン衛星では、更に大型のX線望遠鏡を搭載することで、恒星のコロナについても探究の手を延ばし、この結果M型の超巨星を除いて、殆どすべてのスペクトル型の恒星にコロナが存在することが確かめられた。

従来はコロナについての音波仮説があってF型、G型、K型の主系列星のみがコロナを持ち得ると考えられていたが、アインシュタイン衛星後では、巨星にも磁場があり、更に従来の音波仮説にも磁場が関連したコロナの加熱機構を考えなければならないとが示唆されている。

最近の“ネイチャー誌”によると日米共同の太陽観測衛星が1991年の夏に鹿児島の内之浦ロケットセンターから打ち上げられる計画があり、X線望遠鏡が搭載されるとのことである。

以下、用語の説明にうつる。

プロミネンス　：日食の時にコロナの中に紅くドーム状に輝いている。紅く見えるのは、スペク

トルで調べるとH α 線を出しているため、H α 線のフィルターで太陽の縁を調べると色々の形をしたプロミネンスが見られる。

大きく分けて静穏型プロミネンスと活動型プロミネンスの二つに分類できる。

静穏型は一般に数ヶ月の寿命を持っているが、活動型プロミネンスは、活動域の中に見られる比較的安定なものとフレアーに伴って一時的に形成されるものがあり、短命である。

温度は4500～8000 Kとコロナに比べて低温のガスの集った領域である。

高温のコロナからの紫外光の照射によって特有のスペクトルを示すと考えられている。低温のため太陽面に投影されたプロミネンスは暗く、ダーク・フィラメントと呼ばれている。

ポーラー・プリューム：太陽のN・S極に太陽中心にあたかも棒磁石が入っているかのようにストリーマーが開いて見える現象であるが、背景のコロナとのコントラストは極めて少く、10～20%の程度である。極大期のコロナではポーラー・プリュームはみとめられない。

もともと極冠という言葉は火星の南北両端をおおう白色の斑点であったが、エックス線と太陽電波の世界ではポーラー・プリュームの生成する範囲のことを、太陽の極冠という様に使われている。

コロナ・コンデンセーション：その発見は極めて古く1858年の日食にE・リエスによって発見された。当時は白いプロミネンスと呼ばれていたが、プロミネンスが紅いのに対して、これは白く見える。コンデンセーションの命名は、オーストラリア日食(1974年)に出て来るワルドマイヤー教授によるものである。

日食時に見られるコンデンセーションは幸運にも、この現象が、皆既時に太陽の縁に来ていた時だけに見られるもので、私自身は1962年のニューギニア日食に経験している。最近の日食では、1983年インドネシア日食の太陽の西縁に見られる。この現象は黒点群の上に発生するプラズマの密度と温度の急激な上昇によるもので、従来からF型黒点群とよい相関を示すとされていた。

電波観測を行うと、DISK-ON で、太陽面上のコンデンセーションが見られるわけで、静かなコロナの10倍以上も高密度である。

日食観測で、コンデンセーションやループの上に曲線のスリットを当てて、スペクトル観測を行う、或いはこれらのホトメトリーを行う観測仕事は現在なお、第一線の研究である。

次に日食以外の用語に移る前に太陽周辺の塵について一寸だけ説明を加えると、これは黄道光

の観測などで、次第に明かになりつつあるが、微粒子群は太陽の圧力を受けるとその方向に落下して行くが、光球の高温のために微粒子は昇化してしまう。従って微粒子群は太陽を取り囲むリング状に存在することになる筈であるが、日食時の空の明るさがこの種の観測の成否を分つことになると思う。おそらく気球によるポラリゼーションの観測が必要になる。

X線輝点(光点)：エックス線望遠鏡と紫外線望遠鏡で太陽面を観測すると、殆ど太陽面全体に黒点よりも小さく輝く光点として、初期のX線観測で見付かっている。

太陽の両極や後にのべるコロナ・ホールの中にも発見されていて、太陽活動の基本的な要因とされる。太陽を監視するために現在まで、望遠鏡に着けられた投影板上で黒点のスケッチをしていたのと同様に、太陽観測衛星上からのX線太陽像を地上の観測者のモニター上に映し出される様な日が、やがて訪れるかも知れないなどの空想にかられる。

光点が基本的だと言ったことの一つには、例えばポーラー・プリュームの一つ一つの根本に光点が見られること、黒点やコンデンセーションの現れる初期にこの現象がついて回ることなどによっている。光点は多くの場合、太陽の低緯度帯に発生している。

コロナ・ホール：X線、紫外線によってコロナの単色線を撮影すると、太陽の両極の方には全くX線の放射が見られないので、太陽像のこの部分は黒い影のように映る。これがコロナ・ホールであって、時として太陽の赤道方向にまで拡がっている。

太陽面での他の現象では、磁力線が閉じた構造になっているのとは逆にコロナ・ホールでは磁力線が開いている。

スカイラブによるX線太陽像の連続観測の結果、磁氣的に開いているコロナ・ホールが高速太陽風(650 km/sec以上の)の源泉であることがつきとめられた。

コロナ・ホールでは自転速度の緯度に対する依存の仕方が、黒点群とはちがっていて差動回転を示さない。剛体回転をしているのである。このことから、コロナホールはコロナの中に存在すると認められているにも拘らずその成因は光球の深い領域にかかっていると考えられている。

太陽活動が著しく小さかったマウンダーミニマム期(1645年~1715年)は、コロナホールが太陽面の全域を被っていた期間だとされている。

コロナルトランジェント：人工衛星上のコロナグラフで観測されているが、これは白色光でも見られる。スカイラブ上では100回を超えて記録されている。

この現象は衝撃波を伴った大量のガスの噴出であって、フレアー上部のコロナ全域を包んでしまうスケールの大きな一過性のもので、平均速度は 800 km/sec である。時としてフレアーを伴わないプロミネンスの爆発でも起きるが、この時の速度は平均して 300 km/sec の程度といわれる。

初期の観測としては先にのべた太陽電波の記録中に発見されている。高速のものは太陽コロナを約2日で通過して、地球の軌道に到達し、太陽風の中に突然加えられる衝撃波として地上で観測される。

日食観測とコロナトランジェント：皆既日食を十分にはなれた二地点で観測することで一過性の現象を捉えようとする試みは以前から行われている。古くは1905年の日食でリック天文台では、ラブラドル、スペイン、エジプトを通過する日食でこの三地点に同一器械を設置することで、皆既中のコロナの短時間における変化を見付けようとした。この時はラブラドルは曇りで、スペインとエジプトの一時間経過したコロナの写真が得られたが、この二枚の写真からは何の変化も検出できなかった。

最近、1980年2月16日の皆既食で東京理科大天文研究部OB会がコロナの微細構造の短時間の変化を調べる目的で、アフリカ(ボイ)からインド(ライチュール)に抜ける大日食の1時間40分の時間差を利用しようとした。それぞれの微細構造観測用としては、口径 80 mm 、焦点距離 1200 mm にアクロマトレンズをつけた望遠鏡に、ニューカークフィルターを取付けて、コロナの撮影を行っている。

結論としては、それぞれのストリーマーとループ構造に短時間におけるコロナの微細構造の変化を見付け出している。

1991年、ハワイとメキシコの日食についても同様の計画があると聞いている。

用語からフレアーが落ちているようであるが、日米共同衛星1991年夏の成果を待って説明する。この衛星の中心のテーマが太陽フレアーの解明なのである。