

プラズマ・コロナとダスト・コロナ

斎藤尚生¹、須貝秀夫²、小塚幸央¹
(¹東北大・理、²学研山形支社)

1. 緒言

太陽 corona の形態に関しては現在までのところ3種類の異なった観測事実がある。互いに矛盾するその観測結果どうしについては、統一的な解釈がまだなされていない。本研究は1991年7月11日の皆既日食の写真をもとに、「異なった3種類の太陽 corona が共存している。」という新しい model を提出し、この矛盾の中から統一的解釈を導き出すことにある。

2. 矛盾した3種類の太陽 corona の形態

2. 1 南北方向に長い corona

太陽 corona の第1の形態として、極大期の corona は「南北方向に長く」延びて観測される場合があるという事実がある。これは corona 面回転反転 model (Saito et al., 1991a,b) にもとづいて提唱されたものである。1991年7月11日の皆既日食によってこの model は実証された。即ちこの時観測された corona の非常に多くの写真が、むしろ南北方向に延びている corona を捉えた。斎藤ほか(1991a)の図5にその一例を示す。細長く伸びた corona の長軸は正しい南北方向ではなく、少し左に傾いている。その理由は、日食の時点では既に太陽活動極大期を過ぎていた為であることは、本論文集の斎藤ほか(1991)で述べてある。

2. 2 東西方向に長い corona

外部 corona は黄道光につながることは以前からよく知られていた。図1で、太陽からの離角が約 $0.2^{\circ} \sim 1.2^{\circ}$ までの曲線は、皆既日食時に測定された corona の強度分布を示す。Blackwell and Ingham (1961) が1954年6月20日の日食の際、航空機上から測光したものである。

これに対して離角 $1.4^{\circ} \sim 1.9^{\circ}$ の曲線は、黄道光を測光したもので、Blackwell and Ingham (1962) が、Bolivia Andes の山上で撮影した乾板から、観測的に求めたものである。2本の曲線が互いにその延長線上にあるということから、「黄道光は外部 corona の一部分であり、かつ外部 corona の最末端部分である」ことがわかる。つまり corona は黄道光に沿って、換言すれば「東西方向に長く」延びて分布していることが明らかである。

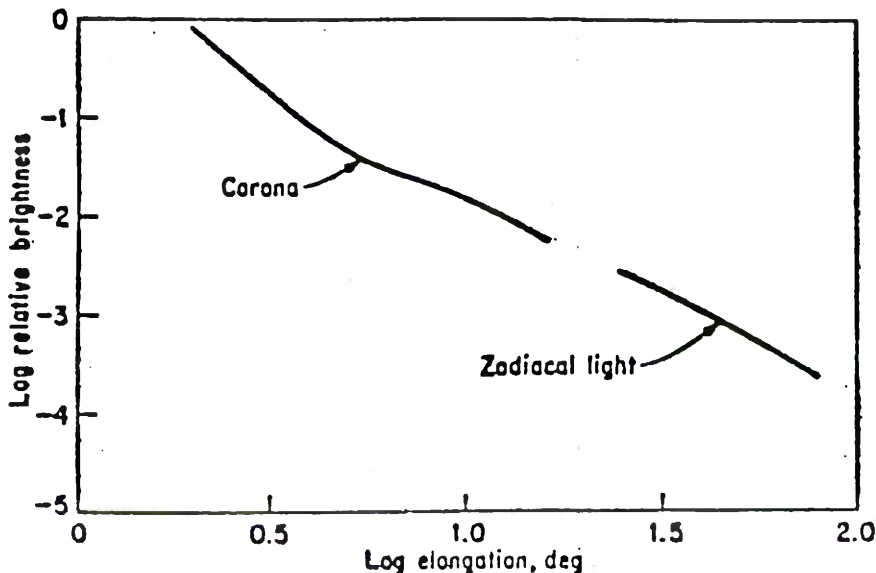


図 1

図2は、Apollo 飛行士が撮影した太陽 corona で、太陽半径の約30倍まで東西方向に長く伸びていることがわかる。

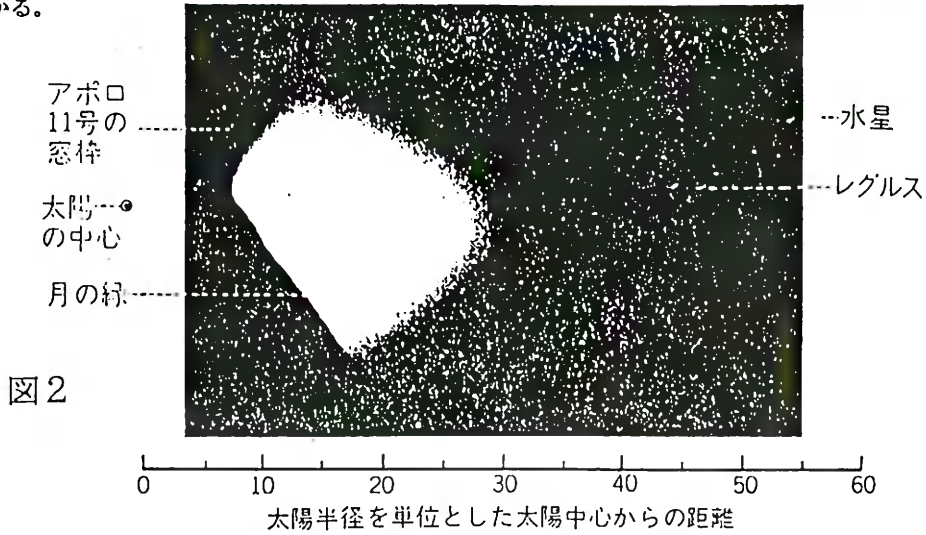


図2

2.3 丸い corona

従来から太陽活動極大期の corona は「丸い」形をしているということが広く知られており、まぎれのない定説であった。図3 a は極大期 corona の典型としてよく引用される丸い corona である。撮影されたのは1947年5月20日の皆既日食である。この年は肉眼でも見える大黒点が現れたことでも有名であり、申し分のない極大期といえる。図に見られるように corona の形もほとんど正円に近い。

以上要約すると、外部 corona の形態としては、「南北方向に長い」という観測事実の他に、従来の「東西方向に長い」、および「丸い」という定説があり、この3種類の間の矛盾は解決されねばならぬ問題として残されたことになる。

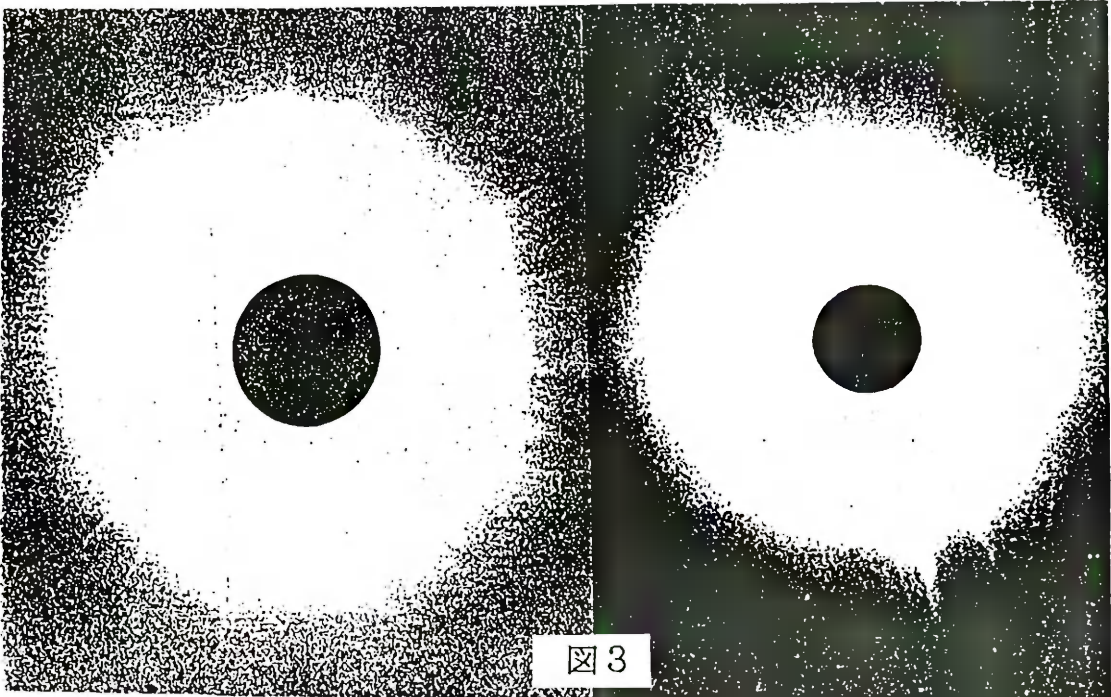


図3

3. Plasma corona (南北型と丸型)

3. 1. 南北型 corona

corona 面回転反転説によれば、太陽活動極大期において太陽の磁気中性面は準垂直となり、その中性面に沿って corona 面が形成される。

その corona 面内に sun-earth line が来れば、corona は見かけ上南北型として観測される、即ち南北型 corona は磁場に control されるどころの plasma corona なのである。事実我々が予言(斎藤, 1991; Saito et al., 1991*)したように今回の日食はかなりこの条件に近かったので、準南北方向に長い corona が、多数の人達によって撮影された。

3. 2. 丸型 corona

南北型 corona に対して、極大期に丸型 corona として撮影されるには、ふたつの条件があることが見出された。

(1) 準垂直 corona 面の自転

太陽の磁気中性面 (corona 面) が回転反転する途中の太陽活動極大期で、自転している corona 面が天球面とほぼ平行になった時に皆既日食が起こると、見かけ上丸い型の corona が見える。

(2) 撮影露出時間

本論文で明らかにされたこととして、同一の太陽 corona でも、撮影露出時間が短かければ南北型、長ければ丸型 corona として表現されるという事実がある。斎藤尚生ほか(1991a)の図5に露出時間の異なる2枚の写真を重ねて示し、南北型 corona と丸型 corona の関係を明らかにした。丸型 corona を形成する微細構造は、太陽風流出のために多少歪められた等価中心双極子磁場の方向にきれいに沿った、多数のすじから成っている。従ってこの丸型 corona は、構造としてその大部分を、polar plume が担っているといえることができる。(斎藤ほか, 1992b参照)

即ち、磁気中性面に沿う南北型 corona も、両極磁場に沿う丸型 corona も、両方とも磁場に control される plasma corona であると結論できる。

4. Dust corona

著者の一人(須貝)は、望遠鏡を用いることなしに皆既日食を次のとおり camera に収めた。

camera	: アサヒペンタックス K1000
lens	: シグマ 28mm
film	: フジカラー REALA, ISO100
絞り	: 3.5
露出時間	: 15秒
現像	: commercial baseによる。

ねらいは水星、金星、木星を、皆既の太陽と同一視野に収める為であり、それは図4のように成功した。

露出時間が長かったから当然南北 corona と丸い corona が図のように撮影されている。しかしここで特筆すべきことは、film が color であるために、それら plasma corona の更に外延に、もうひとつの東西 corona がやや赤味を帯びて写っていることである。(図4参照)。つまり、3種類の corona が同一画面の中に収められている。この意味で大変貴重な data であると言える。目下、波長を変えた filter を通して densitometer で測定中であるが、ここでは no filter による densitometer を用いた測定結果のみを図5に示す。この図でも東西方向に偏平であることが表されている。

図4に較べて図5では特徴が顕著でないのは、次の2つの理由による。

(1) non-original data による画質の劣化

original negative film から positive slide にしたものが測光された。淡い外縁である為の光学的劣化が上記原因の大部分を占めると考えられる。

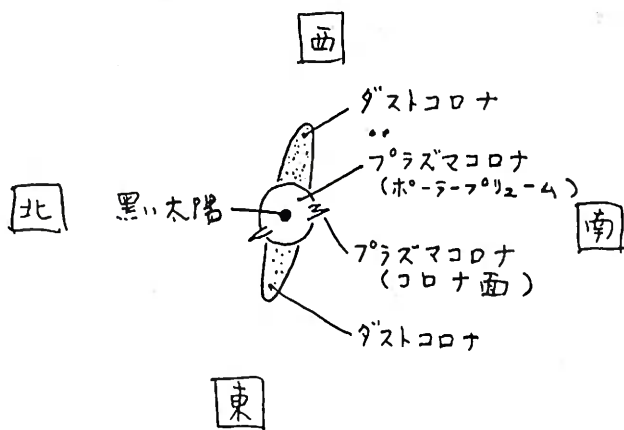
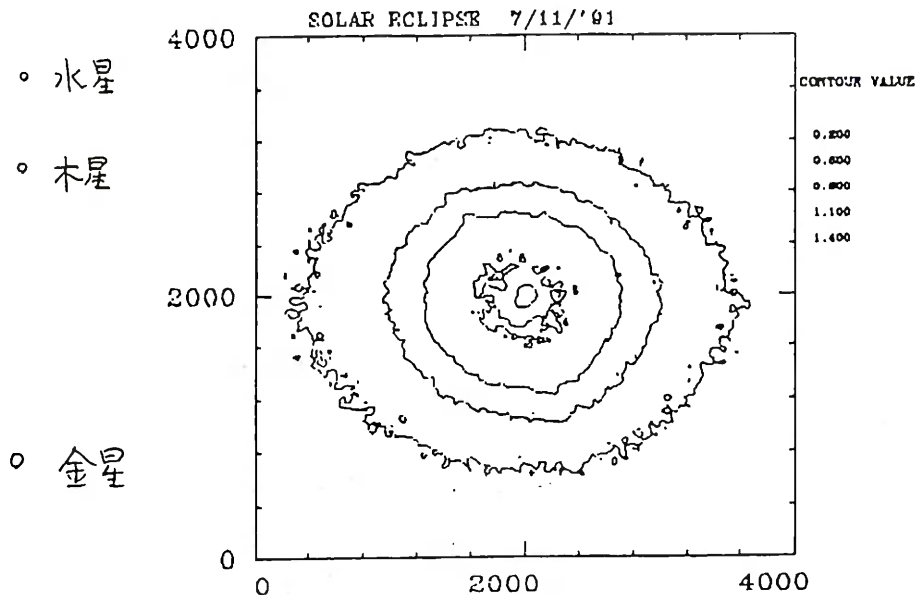


図4

図5



(2) 眼視と写真測定による相違

一般に眼視による判定の方が写真によるものより特長の差違を捉えるのに長じている。その例は多数得られるが、有名で短かな一例は図6に見られる。これは撮影された乾板をもとに Vsekhsvjatsk が sketch したもので、同じ原板から測定器を用いて求めた contour line (図7) と較べると sketch の方が諸特徴を、より良く捉えていることが明瞭である。

zodiacal light は interplanetary dust が太陽光を反射して光っている現象である。dust size は数 μm 程度で、電子や ion に較べて重いので、南北 corona や丸い corona のように、電磁的な力よりもむしろ光圧および太陽からの引力により control されている。従って南北型、丸型からなる plasma corona の更に外延に拡がっているこの東西型 corona を特徴づけるならば、dust corona という名で呼ぶことが適切である。

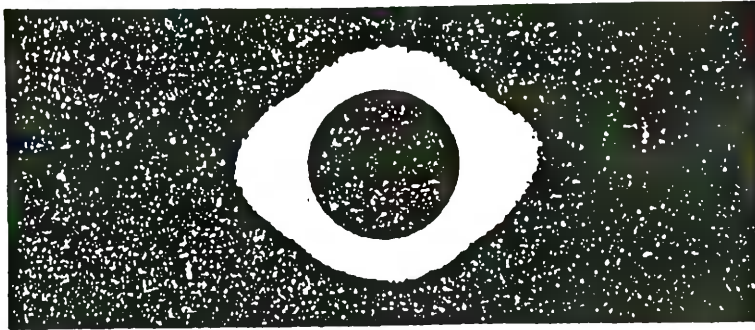


図6

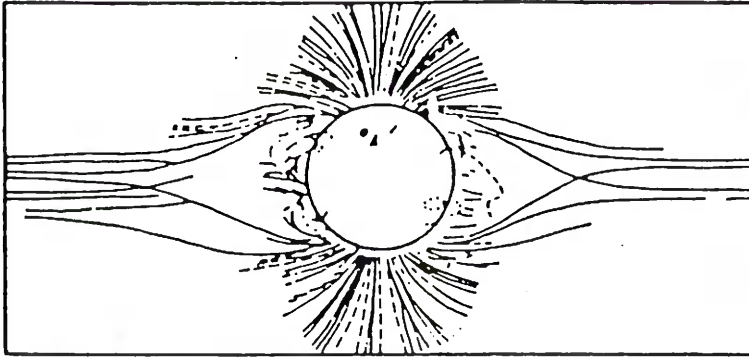
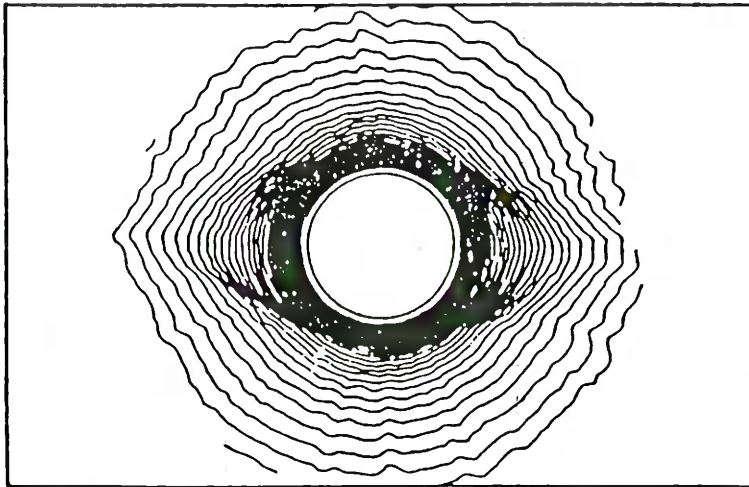


図7



5. 討論と結語

これまで述べてきたことを、plasma corona と dust corona として、まとめて表1に示す。それぞれの形態、原因、主軸、電流面等の関係も表にあらわされている。section 1,2 で述べたような3種の corona の内、南北型および丸型の構造を持つのは、太陽の magnetic field の構造を地球から見ているからである。また、それらplasma corona にたいして、dust corona が別の構造を保ち得るのは、形態を保たせる力学が、plasma と dust で異なるからである。このようにしてこれまで互いに矛盾するとみなされる3種類の形態が、同時に共存するという新しい model によって、統一的解釈が可能となった。解釈を明快にするために、本論文では plasma corona と dust corona という新しい用語を導入した。また本論文で使われているcorona は、主に太陽半径の2倍以遠の外部 corona を意味する。従って F-coronaと必ずしも同義語ではない。

表 1

corona	形態	原因	主軸	電流面
plasma	南北型	磁気中性面 corona 面	radial	一致
	丸型	polar plume	non-radial	なし
dust	東西型	interplanetary dust	ecliptic	無関係

dust corona を形成する interplanetary dust は、電離しているという意味では、dust と plasma の両方の属性を帯びている。彗星の dust tail も同様な性質をもっているが、このような粒子のふるまいは、物理的にも興味ある問題であり、国際会議の title にもなる程、重要視されている。

interplanetary dust は、田鍋 (1992) によると次の通りである。その起源については、(1) 流れ込んできた interstellar dust、(2) 彗星の dust tail が撒き散らした遺留物、(3) 小惑星の衝突によって撒き散らされた dust、が考えられている。(2)、(3) が比較的有力であるが、共に大きな event がまれに起こっただけで簡単に説明し得る。このようにして供給された dust は、太陽の引力に引き寄せられ、かつ光圧によって反発されることにより、外部 corona 及び更に外縁の黄道上に分布する。図4で示された赤い corona は、このようにして形成されたものと理解することができる。

この dust corona については、日食時に現場で分光観測はされていない。しかし、color film で撮影されていることは、分光観測以上に広い範囲にわたって spectrum が得られていることになる。

表1は本研究で新たに提示された太陽 corona の新しい考え方である。この考えに基づいた corona の11年変化の研究が、今後進展することが望まれる。

謝辞

本研究については小坂由須人、田鍋浩義、田村真一、富田弘一郎、秦 茂の各氏から大変有益な情報や討議を頂いたのでここに深く感謝する。また、contour 表示に関しては、本学天文学教室の densitometer を使用させて頂いたのでここに感謝する。

REFERENCE

Blackwell and Imgham (1961), MNRAS
 Blackwell and Imgham (1962), MNRAS
 Saito et al., (1991a), Proc. 24th Lunar Planetary Symp., 1-7.
 Saito et al., (1991b), Proc. 24th Lunar Planetary Symp., 8-14.
 斎藤ほか (1991c), 第13回太陽系科学シンポジウム論文集、印刷中。
 斎藤ほか (1991d), 第13回太陽系科学シンポジウム論文集、印刷中。
 田鍋浩義 (1992), Private communication.