

太陽のナゾ



柴橋 博賢

われわれが生きていく上で大前提として、太陽は絶対的に不可

欠な存在である。ゆえ

に、古来、太陽は古代

ギリシャの太陽神ヘリ

オスやアポロに見る

が如く人々の信仰の対

象であり、愛や希望の

聖なる象徴である。オ

リンピックの聖火はか

くなる太陽光から採り

れるからこそ「聖火」

なのであるし、愛する

人を「オー・レ・ミ・オ・私

の太陽」と歌うのは、

太陽のよつにかげがえ

のない存在だからには

かならない。

さて、太陽がどのくらい大きい

かが分かるのは、十七世紀の天文

学者ケプラーのおかげである。ケ

プラーは惑星の運動を詳細に解析

して、三つの法則性を発見した。

その第三法則は、惑星の公転周期

と惑星・太陽間の距離との間の関

係を示している。

地球の公転周期は言つまでもな

べ一年。火星の公転周期も測定で

きる。そしてこの法則から、惑星

・太陽間の距離に対する火星・太

陽間の距離の比が導ける。火星が

地球に最接近したときの距離も、

三角測量で何とが測れる。こうし

て十七世紀後半に当時の著名な天

文学者カッシーニが計算した地球

から太陽までの距離は、現在の測

陽光の量を測ると、一平方分当た

るおとそ三十万倍である。

地球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

①



輝く太陽は愛と希望の象徴でもある (富士山の日の出)

太陽までの距離を考慮

すれば、太陽が全部で

どのくらいの光のエネルギー

を放出している

か計算できる。結果を

電球の単位でなじみの

あるワットの単位で表

すと、四の五にセロが

二十六個あつて、まじ

いねだ。

一見したとて、太

陽の輝きは不変に思え

る。そこで、地球に届

く太陽の光の量につい

て、地球の公転自転による季節変

動を補正した値を「太陽定数」と

呼ぶ。が、現代の技術で精密に測

定すると、名前に反して「太陽定

数」はわずかに変動している。黒

点が増えるとき黒い部分が増える

けれども「太陽定数」は減りそ

うなものだが、結果は反対。きん

とした説明はできていない。

「オー・レ・ミ・オ」の内面の理解

は、外形ほどには容易でない。

太陽がどのくらい重いのか、質量

が分かるのは、これまた十七世紀

の半ばは約七十万倍である。

地球のおとそ百倍である。

太陽がどのくらい重いのか、質量

が分かるのは、これまた十七世紀

の半ばは約七十万倍である。

地球のおとそ百倍である。

のニエーへのおかげである。ニ

エ・ケプラーの第三法則を導き、

それが惑星と太陽の質量に関係し

ていることを明らかにした。惑星

の質量が太陽に比べて無視できる

くらい小さいことを計算に入れる

と、太陽の質量を求められる。結

果をキログラムの単位で表すと、

地球に届く太陽の光の量を測ると、

一平方分当た

るおとそ三十万倍である。

地球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

球のおとそ三十個あつて、地

</

太陽の子

これでは、理論的に見積もつた太陽の寿命より、地球の方が二ケタも古いことになる。太陽系の大もとである太陽が地球より若いはずはない。この矛盾は二〇年代当時の大きな謎であつた。

當時の大ききはずであつた。

そこで、原子のエネルギーが太陽のエネルギー源の候補に挙がつた。水素の原子核四つが融合してこれだけの質量和よりわずかに軽くなり、 α の原子核一つに変われれば、 γ 、 β 、 ν 、 $\bar{\nu}$ の唱えた質量とエネルギーの等価則により、エネルギーが発生するはずである。

太陽にも生まれて間もない
幼年期があった（オリオン
星雲＝国立天文台提供）

代の原子核の知識では
この温度では低すぎて
無理と見なされ、この案は仮説に
過ぎたかっだ。しかし、太陽の寿
命のナゾは原子核に関する研究を
鼓舞させ、核融合が実際に起きる
ことがついに明らかになされた。今

から六十年ほど前のことだ。現在では地球の年齢はおよそ四十五億年とされる。地球を含む太陽系がほぼ同時に誕生したと考え、
るとい、寿命百億年の太陽は、いま、中年の星である。

(東京大学教授 柴橋博資)

人の年齢を推定するのは易しい。それでも年齢を知っている別の人と比べれば、見当はずれ。その点、比べるべき相手もない太陽の年齢の推定は難しい。太陽は、主に固体でできている地球と違い、気体でできている。太陽の質量は大きいので、自分自身の重力で収縮しよう

身の重力で収縮しようとする。今の大きさを留まっているのは、気体の圧力が重力に抵抗しているからだ。気体は圧力が高いと温度も高い。太陽の大きさを高し、質量から見積もると中心での温度は一千万度以上に達する。これが分る。

“45億歳”で中年の星

であることが分かる。

に關する知識が爆発的に増えた時期である。やがて、物質の究極であるはずの元素も不変ではなへ、ある種の元素は放射線を出して、より軽い他の元素に崩壊すること

熱いガス球だからである。

太陽として、外にエネルギーを捨てている訳だから、やがて冷めてしまつ。光の続けるため

には、何らかのエネルギー源が必

要だ。十九世紀末に考へられたの

は、位置（重力）エネルギーである

であることが分かる。



②

太陽のナゾ

光は何よりも速く、毎秒三十万キロも伝わる。新幹線が登場した当時、最速の列車は「ひかり」と呼ばれた。それは良いが、もっと速い次世代列車の名前に困る。どうして心配していたら、「のぞみ」という、物理法則にかかわらず何よりも早く行って欲しい

いもの名前が与え

れた。すてきなネー

ングである。

さて、太陽の大きさ

(半径)はおおよそ七十

万キロ。単純計算では、

光速のおおよそ二・三秒

かかる長さだ。とする

と、太陽の真ん中で発

生した光は二・三秒後

に表面に達すると思え

そつだ。ところが、実

はおおよそ一千万年か

かるのである。

太陽のエネルギー

1千万年前のひかり



光や電波と同じ電磁波である。太陽の中心部は温度が一千万度以上あって何しろエネルギーが高いので、赤外線や紫外線ではなく、同じ電磁波の一種であるガンマ線が放射される。ところが、太陽の中で電磁波は真すぐに進め

ない。最寄りのガスに吸収されて

再び電磁波として放射される過

程が頻繁に繰り返される。こうし

るのに二・三秒とろか一千万年

もかかってしまつた。

この間、エネルギーはじだいに

低くなって、最初のカシミア線や

がてエックス線になり、太陽から

外に出て来るときには主に可視

光、一部は赤外線や紫外線になっ

ている。ひどく宇宙空間に出た

見えないが、波長が違つただけ

れない。赤外線も紫外線も目には

紫外線放射を思い浮かべるかも知

今からの季節、日焼けをもらす

熱放射が思い浮かぶ。あるいは

れた夜の放射冷却など、赤外線の

放射と言つて、ストーブや冬の晴

射で外側に運ばれる。日常生活で

区応だ。発生したエネルギーは放

てへリウム原子核に変わる核融合

大もとど、水素の原子核が融合し

い、後はもう一直線。地球に届くまではおおよそ八分だ。結局、私たちが浴びている日光は一千万前に太陽の中心で発せられたものと

いえる。

裏返して言つて、太陽が光の輝

いていて、いま現在、太陽の中

心部で核融合反応が起きているこ

どの証明にはならない。そこかも知れないし、そつでないかも知れない。確実なのは、一千万年前に

は太陽の中心部でエネルギーが発生

していただつたことだけだ。

一方、核融合反応のエネルギー

のほとん一部は、その際に発

生するエネルギーといつ粒

子によつても運ばれる。粒子

と言つても目に見えない粒では

なく、陽子や電子などと同じ

ミクロの素粒子である。ニュ

ートンは光速で伝わり、他

の素粒子とはどう作用し合

うことなく物質を突き抜ける

どいつ変わった性質を持つて

いる。ニュートンにとつて

は太陽も透明で、中心部で発

生したエネルギーは一・三

秒で太陽を突き抜け、およそ

八分後には地球に到達する」

とになる。

「ひかりは一千万年前の太陽の

中心の様子を反映しているに過ぎ

ない。現在の太陽中心部の様子を

探り、太陽がどのようにエネルギー

を生みだしているか、知りだ

いゝか否かを知る手がかりの

ぞみ、太陽からのニュートン

入である。

(東京大学教授 柴橋 博資)

影郷。。

太陽で発生するものも、検出しよう

ニシキコト一型は、その

太陽ニユートリノとは別

字 光二ノ一にテハ11000

発見として報じられた。11年

型の入れ替わり説が有望視されて

に最終決着がつく。

○ハツルニ事無クニテムル

今もなお太陽が握っている。

。 𐑖𐑦𐑩𐑲𐑦𐑭𐑮

ず、朝刊と朝のテレビの実況放

いた時刻は同じでも、情報発信

は実況放送にかなわない。

に似てゐる。情報

生ずるが、光は太陽

一面に達する光に

秒で表面に達する。

Flora of the

非常によいえにへり素粒子だ。

十個程度の原子を数百 μ の液体

じい、神業の実験だ。

「ハーカミオカ、ナ」で進んで

—

1990

と予想値の半分もない。太陽で

それは、このように、

間達つていぬといふのも大問題。

宇宙が膨張して、newlyが分

動力―燃料であるのか分らない

太陽のナゾ

「スエカきだき」その音色から

熱れ具言を知る。音波という振動

を使つてスエカの内部を診断して

いるわけである。最近、この原理

を使つて太陽の内部を探ることで

できるようになった。この研究を

「日震学」と呼んでい

る。

表面近くの対流が音

波を発生させ、太陽を

内側からたたいてい

ために、太陽全体が共

鳴する固有の振動がい

つも起きている。この

振動を分析して、太陽

の音色を聞き分けるの

だ。

どうしても、音が聞

こえるわけはない。

太陽光を詳しく調べる

ことによつて、表面振

動を突き止める。振幅

は極めて小さく、事は

音色聞き分け内部を診断

簡単ではない。それでも観測・測

定できるのは、振動が周期的だが

いつでも、周期成分を探すには、

太陽全面を広く眺めること、長

時間にならざる観測が重要になる。

そこで夏の南極点に赴いたり、衛

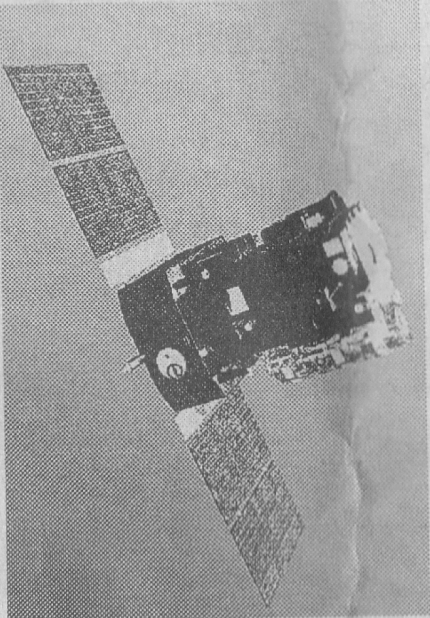
星を使つて昼夜途切れのない観測

を行つたりする。一九九五年暮れ

に打ち上げられた太陽周回探査機

「SOHO」(ソホー)は、地

球からおよそ五十五万キロ離れた



点から太陽を常時観測している。

「このこと、切つて見る」といふ

できようもない太陽内部の音速分

布が分かるようになった。音速は

ガスの成分によることから、中心

部では核融合の産物であるヘリウ

ムが外縁部よりも多いことだから

り、太陽のエネルギー源が中心核

⑦

星の誕生から死に至る一生を道

う理論に基づいて作られた太陽手

ズルを「標準太陽モデル」といふ。

これには過去の歴史についての仮

定が使われているが、その仮定の

正しさを厳密に証明することはで

きない。日震学によつて、このし

た仮定を使つていふ、現在の太

陽の内部構造を信頼に足る形で

「見る」ことが可能になった。

太陽中心部での核融合で派生す

るエネルギー量を測定するとい

予想値の半分以上である。四十年

近く未解決の大問題だ。標準太陽

モデルに基づく予想値が

そもそも悪いのではない

かと考えられたこともあ

つた。しかし、日震学に

基づいたより正しい予想

値よりも、検出される二

エネルギー量は確かに少

ない。つまり、原因は太

陽モデルの不備にあるの

ではなく、ゼロと考へら

れていたエネルギーの

質量が実はゼロでないか

いだと考へられるように

なつた。

これはこれで大問題である。二

エネルギーの質量は、太陽二コ

ーリ入量の測定値と日震学に基づ

く予想値の比較から判明すると期

待されている。太陽の音色を聴き

分けることが、なぞの粒子の質量

を決めることになるというは意

外でもあり、面白い。

ところで冒頭のスエカの音診断

だが、やってみると実は案外難し

い。お話しあれ。

(東京大学教授 柴橋 博資)

太陽のナゾ

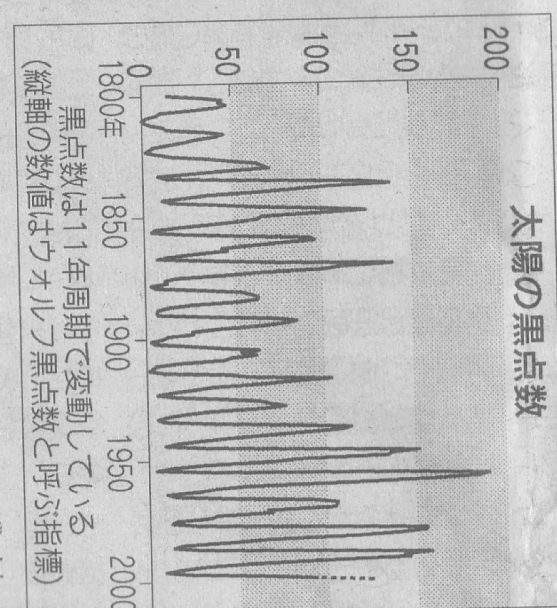
漢字は象形文字である。太陽を「日」は、丸い太陽の真ん中に黒点を配したものが変形したもので、少なぐとも中国では大昔から知られていたのだらう。確かに、滅多にはないが、非常に大きな黒点を眺めていたのだらう。確か

眼でも見えるときがある。望遠鏡を太陽に向けて黒点の存在に気づいたのは、十七世紀初頭の「一六一〇年」の「カリシオ」である。黒点の出現数は、およそ十一年の周期で増減している。初めてこのことが分かったのは、意外にも望遠鏡による最初の黒点観測から二百年以上たった十九世紀半ばのことだ。水星よりも内側に新しい惑星を発見しようという人が、そのよ

その結果が、十一年周期の発見であった。以来、黒点数の周期は観測記録を「一七〇〇年代までさかのぼって」ださうとでき、今年

は信頼のおける記録のある「一七五象である。フシは顕著な黒点群その影響で地球磁気圏に現れる現象である。フシは顕著な黒点群

黒点活動、気候にも影響？



太陽の黒点数
黒点数は11年周期で変動している
(縦軸の数値はウオルフ黒点数と呼ぶ指標)

と結びついているので、オーロラ出現頻度は黒点活動の目安になる。こうして、様々な記録を注意深く調べた結果、十七世紀後半から十八世紀初頭にかけて黒点がいと多く現れない時期が続いたことが判明した。この事実を最初に指摘した研究者の名前になんぞ、アウンター極小期と呼ぶ。この時期、ヨーロッパでは低温異常気象が続き、アルプスの氷河の末端の高度は現在よりもかなり低かった。イギリスではテムズ川は、ほとんど黒点活動が見られなかったようだ。この事実は十九世紀の年輪に残る樹木の成長記録からも世界的な低温が証拠付けられ、小氷河期と呼ばれる。さて現在では、太陽黒点活動の極大極小に含ませても太陽光度がほんのわずかに変動することが確かめられている。理由はまだ解明されていないのだけれど、黒点活動の極小期には光度は減少する。それから察するに、アウンター極小期に太陽光度が下がり、地球への日射量が減少し、それが低温暖期を招いたという解釈は、注目され始めたのは八十年を経た一九七〇年代になってからである。調べてみると、この時期、オーロラの出現が際立って少なくなかったことが記録から分かっている。この結果が、十一年周期の発見であった。以来、黒点数の周期は観測記録を「一七〇〇年代までさかのぼって」ださうとでき、今年

は信頼のおける記録のある「一七五象である。フシは顕著な黒点群その影響で地球磁気圏に現れる現象である。フシは顕著な黒点群

太陽のすざ

きつぎいと真夏の太陽がまぶし

い。今年は太陽の黒点の数が増減する十一年周期の極大期にあたる。数が多いだけでなくサイズも大きく、特殊なサングラス越しに肉眼で見えた例も多い。

ただし、虫眼鏡で太陽光を集めただけで火をおこせるくらいだから、太陽を直接見ては

いけない。まして望遠

鏡でそののは厳禁

だ。目が焼けてしまう。

望遠鏡で太陽を見るに

は、各地の公共天文台

を訪ねるのが一番だ。

さて、今年とは対照

的に、十七世紀後半に

は黒点が現れない時期

が長く続いた。歴史上

著名な天文学者たちが

が、黒点なるものを見

てみたいという願い

や、待望の黒点を観察

した喜びなどは、日記

や記録に残している。

一生に一回あるかないかで、だからこそ見てみたい天体現象として、私なら超新星爆発や大すい星の出現、皆既日食を挙げるが、十七世紀後半の人たちは太陽黒点を望んでいたのだろうか。そういう意味では、今の時代のわれわれは幸運だ。

黒点活動に伴い、7月と呼ぶ

表面の活動、今年は極大

今年はこの現象が目覚ましい。的に噴出することもある。

大な塊になって紅炎のように爆発

表面上層のガスがはき取られ、巨

のが7月とだと考えられている。

気エネルギーを短時間に解放する

が不安定になって、蓄えていた磁

るからである。黒点上層の磁力線

磁場のために温度が低くなってい

る。黒点が黒く見えるのは、強い

太陽表面の爆発現象も頻繁に起し

み、あおりで姿勢が崩れたのだ。

その影響で地球上層の大気が膨ら

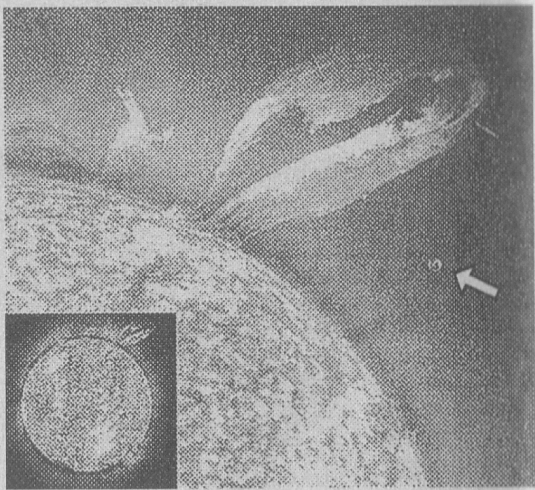
「あすか」に被害が生じた。7月

日本の誇るエックス線天文衛星

人工衛星にも影響が及ぶ。先日は

が、現代では宇宙飛行士の安全や

が聞きつらくなるのは昔からだ



太陽観測探査機「SOHO」がとらえた紅炎の噴出（右下には太陽全景、矢印が示すのは地球の大きさ）

地方の夜空に出現する神秘的なオーロラがぐっと華々しくなる。地球の磁気圏は太陽とは反対の夜側に長く延びており、そこから荷電

ると、アラスカや北欧など高緯度

黒点や7月の活動が盛んにな

が求められる時代になった。

電を引き起こしている。太陽磁気

タでは送電線に支障が生じ、大停

大電流が流れた。この結果、カナ

し、米大陸北部の地上に突発的な

の津波が地球の磁場を激しく乱

十一年前の極大期には、太陽風

の影で地球の大気が膨ら

「あすか」に被害が生じた。7月

日本の誇るエックス線天文衛星

人工衛星にも影響が及ぶ。先日は

が、現代では宇宙飛行士の安全や

が聞きつらくなるのは昔からだ

それではひと夏休みにオーロラを見に海外に出かけよう、と考える方、ちょっと待っていただきたい。夏の北極圏は白夜である

とを忘れないで。

（東京大学教授 柴橋 博資）

太陽のナゾ

地図は北の上に描くのが暗黙の

約束で、コペスの絵を入れて北

を示す場合もある。この習慣を逆

手にとって、南半球のニョーグ

ランドやオーストラリアでは南を

上にした珍しい「上逆さ」の世界

地図を観光土産に売っている。

磁石にN極とS極

があるのは「承知の

通り。棒磁石を下に

置いた下敷きに砂鉄

をまいて、磁力線を

視覚化してみる実験

を学校の理科で行っ

たことを覚えておい

での方も多いであら

う。コペスがいっ

つも南北を指すとか

ら分かるように、地

球は北極付近がS

極、南極付近がN極

の、いわば大きな棒

磁石である。地球は

コペスで北と南を

区別できるのだ。で

は太陽はどうか。

大陸や人口が北半球に偏在する

地球と異なり、太陽は南北半球ほ

ぼ対称に見える。地球の場合と同

じように、自転軸を右ねじに見立

てて、自転によってねじが進む方

向を北として緯度を定義すると、

黒点は両半球とも五十三五度ら

いの低中緯度帯に出現し、南北の

出現頻度もほぼ等しい。

夕立の後の空に架かる虹(にじ)

は雨滴が「リズム」の役目をして、

太陽の光をスペクトル分解して見

せてくれる現象である。十九世紀

初めのころ、リズムを使つてサ

リズム素材の屈折率を測つと太陽

光のスペクトルを見ていた光学技

術者が、スペクトル中に黒い線が

何本も見えることに気づいた。こ

れら「スペクトル線」は、太陽大

極とS極に分かれている。例えば

北半球では東側の黒

点、N極、西側がS

極という具合にそら

つており、南半球で

は反対になっている

る。黒点の出現頻度

はおよそ十一年周期

で変動するが、黒点

の磁場極性の東西関

係はその十一年間、

変わらない。ところが、次の周期

では極性が入れ替わる。驚くべき

ことに、太陽全体の南北磁場の極

性も十一年周期ごとに変化する。

ときには一本であつたスペクトル

線が二本ないし三本に分裂するこ

とが発見された。そして、二十世

紀に入り、太陽の黒点からの光の

スペクトル線が二本に分裂してい

ることも見つかった。およそ九十

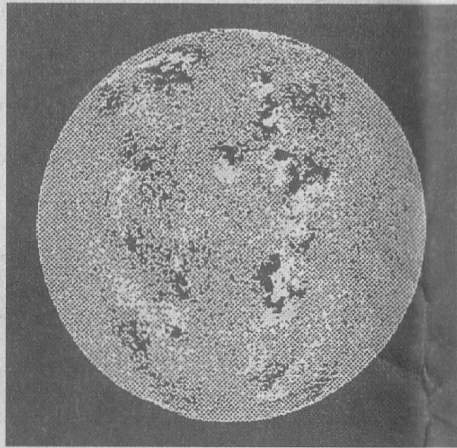
年前のことである。スペクトル線

からは、黒点の温度が四万二千

千度も低い約四千度であることも

ややこしい。

(東京大学教授 柴橋 博實)



太陽のナゾ

⑫

四十周の差がつく。対流層の底面に沿って、南北両極を真つすぐコムひもで結んだとしよう。極から赤道に向けて自転が速くなるから、ひもは次第に経度方向に流されてしなり始め、引き伸ばされる。赤道域が四回自転するの間に経つと、コムひもは舌を伸ばすように太陽に巻きつく格好になる。一年では三周半、十一周結んで四十周分差がつく。南北

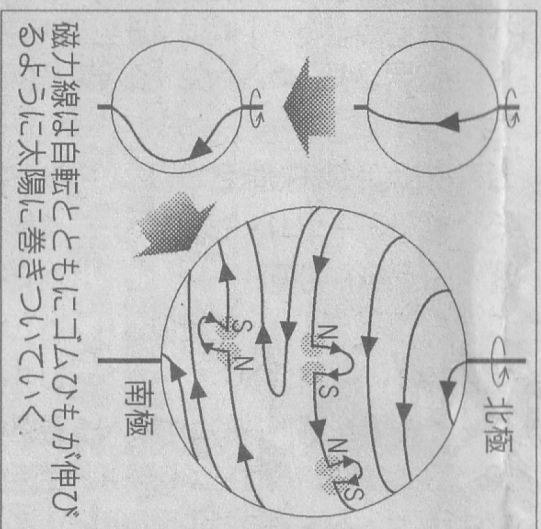
占める放射層では、自転はじつでもほぼ一樣で、自転周期はおおよそ三十日である。どうして、放射層の外側の対流層では、なぜか自転が急に緯度に強く依存するようになる。赤道域では中より速い二十五日で自転しているが、高緯度になるにつれて遅くなり、極では三十六日もある。赤道が四周する間に、極は三周しかしない。黒点増減の周期である十一年間では、おおよそ四十周の差がつく。

小さな望遠鏡でも黒点の存在が分かる。根気よく観察を続けられ、出現頻度が十一年周期で変動する事も分かる。黒点の正体と増減の仕組みはいったい何か。太陽の内側、半径にして七割を

伸びた磁力線、黒点生む

極を真つすぐコムひもで結んだとしよう。極から赤道に向けて自転が速くなるから、ひもは次第に経度方向に流されてしなり始め、引き伸ばされる。赤道域が四回自転するの間に経つと、コムひもは舌を伸ばすように太陽に巻きつく格好になる。一年では三周半、十一周結んで四十周分差がつく。南北

力線の密度がどんどん増える。これは東西方向の磁場が強くな



磁力線は自転とともにコムひもが伸びるように太陽に巻きついていく。

い。それにつれ、東西に走る磁になびきながら太陽に巻きついて反転し、黒点対の東西の磁場極性するので、コムひものように東西にひきずられて動き、伸縮もカスにひきずられて動き、伸縮もひもに例えられる。磁力線は電離磁場がある。南北を結ぶ磁力線は太陽にも地球と同じように南北回りのものようにぐるぐる巻きになって太陽面を覆うだろう。

ますます低緯度になり、南北五度

黒点に代表される太陽磁場活動を説明するカギは、非一樣な自転と対流であることは間違いないが、完全な理解に達するまでには、太陽磁場のよさに変動や反転があるかもしれない。

の周期は二十二年であるが、この周期は太陽の大きさや対流層の厚さ、それに対流の特性によって決まっているようだ。もっとも、完

北半球で逆になっている。二つの黒点がN極、西側がS極といったになっていることが多い。東側の一対の磁場極性はN極とS極の組。まだ、黒点は対きなして現れ、これを十一年周期で繰り返す。このように来たように元に戻る。

また、黒点は対きなして現れ、これを十一年周期で繰り返す。このように来たように元に戻る。

(東京大学教授 柴橋 博賢)

太陽のすざ

紅顔の美少年もいつしか中年に

なると風貌(ふうぼう)はあつ

と変わり、肌には時の流れのあか

しが刻まれる。その点、われらが

中年の星である太陽はどうか。

太陽が生まれたとき、化学組成

は一樣だったと考えられている。

その後、中心部では水素が核融合

反応を起して組成が

変化していくが、外側

は変わらない。つまり、

表面にある太陽大気

は、太陽系の母体とな

ったガスの化学組成を

保っていると考えられ

る。

太陽光は虹(にじ)

色のスペクトルからな

っている。光学機器を

使った、その中に黒い

「スペクトル線」が何

本も見える。太陽大気

中の元素が特定の波長

の光を吸収したから

だ。逆に、スペクトル

線を調べれば太陽大気

の成分が分かる。

結果は、水素が圧倒的に多い。

水素は宇宙の最初期から存在した

主要成分だから、これは道理であ

る。次に多いのは、同じく宇宙初

期に合成されたヘリウムのほ

だ。ヘリウムはそもそも太陽のス

ペクトルから発見された元素で、

リチウム欠乏、中年の兆し

⑬

後者がおよそ一割ある。しかし、

太陽光にはリチウムのスペクト

ル線はまったく見られない。太陽

におけるリチウムの割合も、限

石に比べると百分の一以下だ。

千五百万度の高温でないと起き

ない水素同士の核融合とは違い、

リチウムは二百萬度で水素と核

融合反応を起す。リチウムの

場合は二百四十萬度だ。半径にし

て外側の三割を占める対流層の底

の温度が十分高ければ、そんな外

側であってもリチウムは核融合を

起し、ヘリウムに変わる。しか

も対流が動き遅いから、対流層

中のリチウムはすべて区切り尽へ

す。表面にリチウムがな

く、リチウムは残ってい

ることから、対流層の底の

温度は二百萬度と二百四十

萬度の間だと推測できる。

日震学により、対流層の

底の温度が二百二十萬度と

判明し、この推測は実証さ

れた。リチウムが太陽に

ないことは、これででた

く説明がつく。しかし、リ

チウムの欠乏は説明でき

ない。説明をつけるには、

リチウムを核融合反応が起きる

ほご温度が高い、対流層の底より、

もっと深く掘り下げて送り込

む仕組みが必要に思える。

リチウムの欠乏は太陽のよこ

表面に対流層がある星では一般に

見られ、しかもその程度は星の年

齢と温度によって違ふ。太陽も肌

に中年の兆しを少しは表すのだと

思つて、どこか安心しませんが、

り、自然界には前者がおよそ九割

者が三個ずつのリチウムがあ

る。子四個からなるリチウムと、西

リチウムには、陽子三個と中性

な差があるのはリチウムである。

のうち、太陽と隕石の組成で大き

きとどめている。比較可能な元素

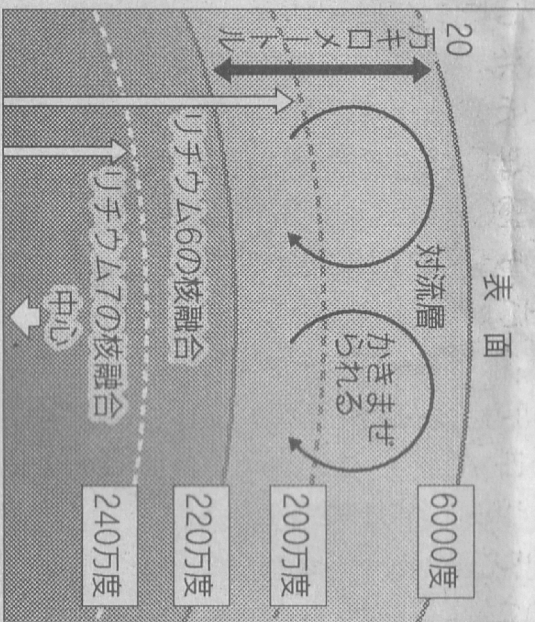
を例外として、太陽系の原始状態

古い隕(いん)石も、ガス成分

をせても二%程度に過ぎない。

ほとんどを占め、他の元素は全部合

20万キロメートル



太陽のすざい

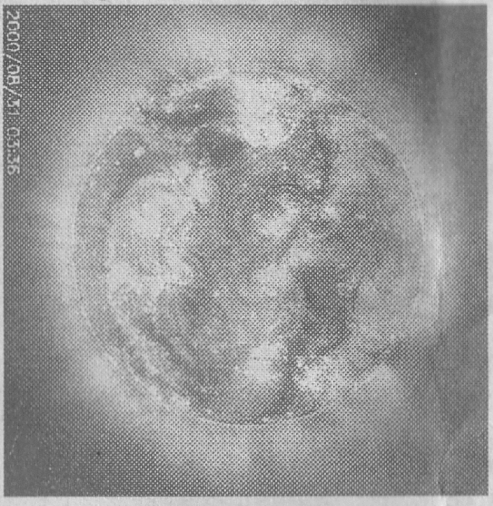
月と太陽の見かけの大きさが同じという偶然のおかげで、太陽が月にすっぽりと隠れる皆既日食が起きます。その瞬間、黒い太陽の周りに後光のように真珠色のコロナが広がり、私たちはその神秘的な美しさに思わず歓声をあげる。高温状態にある希薄なガスは、その成分に特有の波長

コロナ、表面より熱く

年後の一九四〇年にな
しかし、およそ七十
「コロナ」と名付けられた。
ナにちなんで「コロナ
すると考えられ、コロ
ので新しい元素が存在
見られないものだった
ルは地上の実験室では
コロナの輝線スペクト
る。十九世紀中ごろ
スペクトル」が見られ
ど一ついった「輝線
にコロナを観測する
の光を発する。日食時
その成分に特有の波長

太陽は中心が千五百万度、外に
向けて温度が下がっていく、表面
では六千度である。それが突然、
外側のコロナで二百万度に急上昇
していることになる。コロナを熱
し続ける仕組みがなければ冷めて
しまつから、太陽からコロナへ何
らかのエネルギーが補充されてい
るはずだ。しかし、熱は熱い方が
冷たい方へ伝わる。太陽面の温

度は六千度に過ぎないから、そん
かんの放射や伝導でコロナを二百万
度に温めるのは不可能だ。コロ
ナに別の形でエネルギーが持ち込
まれ、それが熱になると考えるよ
りほかはない。
コロナは皆既日食の時しか見え
ないほどだから、光の放射量は少
ない。その程度の放射ではコロナ
はほとんど冷えないのだ。しかし、
コロナは下の太陽面に熱を伝え、そ
いからの放射でコロナの熱エネル



2000/05/31 05:35
エックス線などで観測したコロ
ナは変化に富んでいる (太陽観
測探査機「SOHO」撮影)

キーは最終的に宇宙空間に逃げ出
す。何らかの収入とつた支出
のバランスの結果が、二百万度な
のである。

それではコロナにエネルギーを
運んでいるのは何か。一九六〇年
代に考えられたのは、対流層で発
生する音波であった。ジェットエ
ンジンから噴出する乱流が騒音を
出すように、対流層の乱流は音波
を発する。これが密度の希薄な上
層まで伝わり、音波の運動エネル
ギーが最終的に熱に変えると、こ
ういふシナリオであった。

が観測できず、太陽
の縁の部分のコロナ
しか見られなかつ
た。この状況は、七
〇年代以降に一変し
た。人工衛星によつ
て、高温のコロナが
放つ目に見えないエ
ックス線や紫外線を
観測できるようにな
つたのである。いつ

このことからコロナの加熱も磁
場を介した加熱であることが明ら
かになってきた。しかし、その詳
細についてはいまだに定説はな
く、二百万度のナギを巡って日々
熱い研究が続いている。まだ歓声
はあがっていない。
(東京大学教授 柴橋 博資)

太陽のナゾ

コペルニクスの地動説によ

て、人類の宇宙観は太陽を中心

とするものとなった。が、やがて夜

空の天の川は「銀河系」という星

の集団だと分かり、太陽も宇宙

の中心ではなく銀河系の一員と見

られるようになった。銀河系を構

成する星の数は約二千億にの

る。そんな中で太陽が

我々にとって特別な

は、地球の親星だから

だ。惑星を伴う太陽の

ような星は、あひる

だ存在なのだろうか。

十八世紀、カントや

ラプラスは、太陽の元

になった巨大なガス

塊が回転・収縮する過

程で、赤道面に残った

円盤状のガスの所々が

凝縮して惑星になった

と考えた。そつたとし

たい、惑星を伴う星は

珍しくないことにな

る。これに對立する考えは、太陽

が他の星と遭遇した際にガスの一

部がはき取られ、それが凝縮して

惑星が生まれたといつものだ。

二十世紀初め、地球の年齢が十

億年以上であることが分かつた。

當時は、太陽が徐々に収縮しながら

放出するエネルギーが太陽のエ

ネルギー源と考えられ、太陽の年

齢は一千万年と見られていた。地

生命の親星 ほかにも？

う大発見によつて、宇宙の年齢が

星は生まれたといつことになる。

しかしその後、宇宙の膨張とい

る。そつた惑星の質量はどれも

よそ二十の惑星系が見つかつてい

が始まつた。一九五五年以来、お

を使つて太陽系以外の惑星系探し

ついつつ考その下に、大望遠鏡

伴つてゐる証拠になる。

れることを検出できれば、惑星を

は遠いが、運動は伴つてその星の

スペクトル線の波長が周期的にず

れることを検出できれば、惑星を

伴つてゐる証拠になる。

正確に言つて、両者は共通の重心

といつが、親星も不動ではない。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

といつが、親星も不動ではない。

正確に言つて、両者は共通の重心

といつが、親星も不動ではない。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。

て、実際に円盤を伴つた原始星も

ハッブル宇宙望遠鏡などによつ

見つかつてゐる。

惑星が親星の周りを回つてゐる

見つかつてゐる。