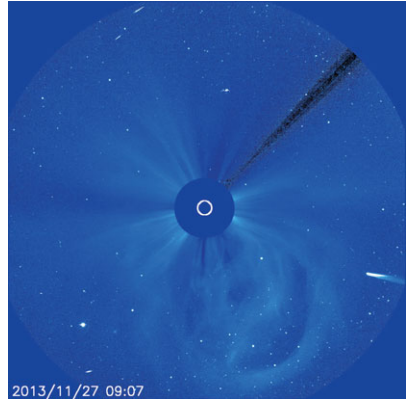


アイソン彗星が崩壊

飯山 青海

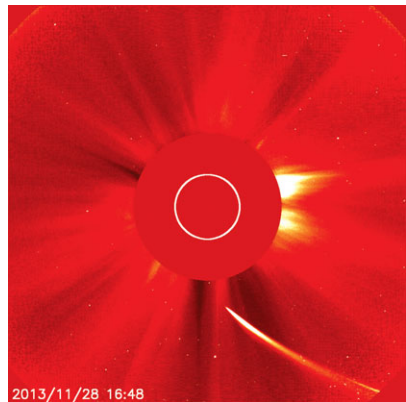
2013年12月に大彗星になると期待されていたアイソン彗星(C/2012S1)は11月29日(日本時間)の近日点通過時に崩壊してしまいました。太陽接近時の様子は、SOHO等の太陽を観測する探査機によって直前まで観測され続け、インターネットを通じて、彗星崩壊の過程が、ほぼリアルタイムで見ることができました。このページでは、アイソン彗星の崩壊について、SOHOの画像から読み取れることを解説いたします。

SOHOには、太陽のコロナを観測するためのLASCOと呼ばれるカメラが搭載されています。LASCOには広角のC3と望遠のC2の2つのカメラがあります。どちらも、コロナを写すためには太陽の光がまぶしすぎるため、太陽を隠すマスクが視野の中央に設置されていて、太陽そのものは写らないように工夫されています。どちらのカメラも本来はモノクロのカメラですが、C3の画像は背景を青い色に、C2の画像は背景を赤い色に画像処理されているので、画像を見ただけでどちらのカメラが撮影したものかが分かります。右の画像は11月27日9:07(世界時(UT)、日本時間では18:07)に撮影されたC3の画像で、すでに画面右下に、アイソン彗星が写っています。画面中央に不自然に何も映っていない場所が太陽を隠すためのマスクで、そこに書かれている白い円が太陽の大きさを表しています。



アイソン彗星が太陽に最も近づく様子は、望遠のカメラであるC2に収められました。アイソン彗星がC2カメラのマスクの向こう側へ隠れる前の画像から、マスクの陰から再び姿を現す時間帯の画像を時刻順に掲載していきます。

アイソン彗星が太陽に近づいて、再び遠ざかっていく過程を連続的に見て、すぐに分かることは、アイソン彗星は完全に消滅したわけではなく、マスクの陰からちゃんと姿を現している、ということ

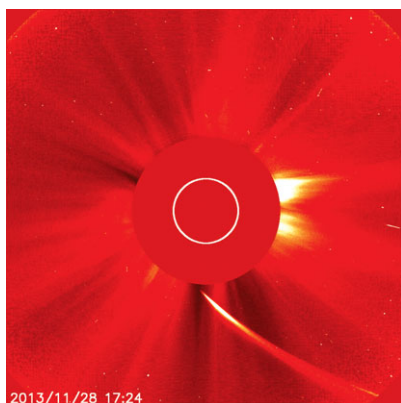
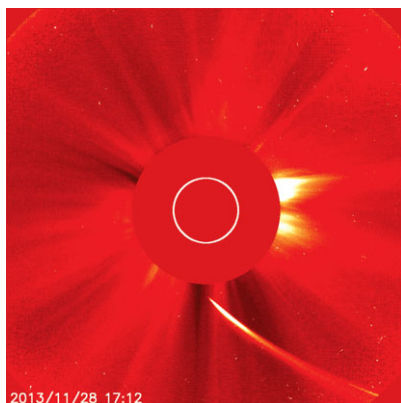
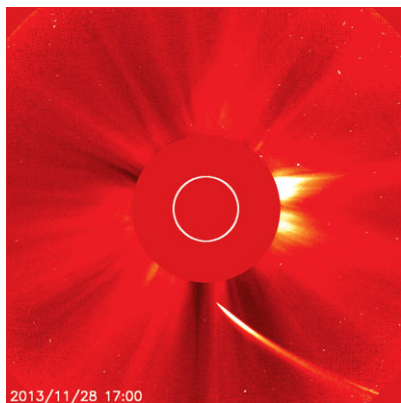




と、そうは言っても再び姿を現した後のアイソン彗星の姿は、マスクに隠れる前とは比べ物にならない暗い姿である、ということです。

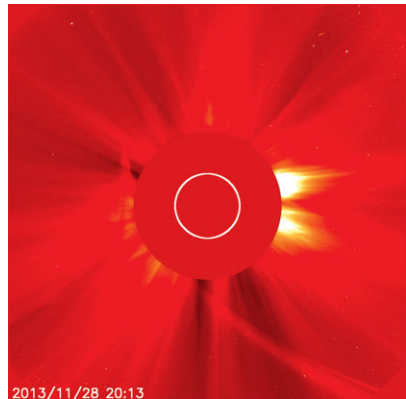
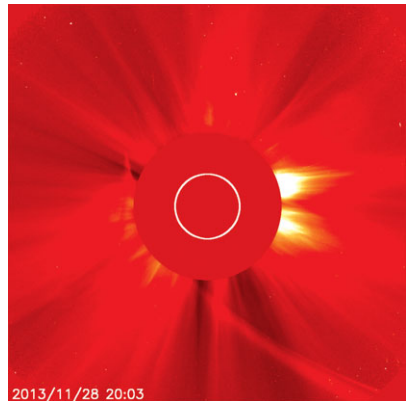
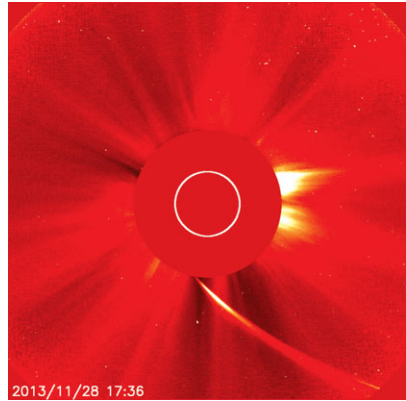
まず、この明るさの変化について考えましょう。彗星は「汚れた雪玉」と例えられますが、氷を主成分として、石や砂のような岩石質の成分が混ざったものと理解されています。彗星が太陽に近づくと、その熱で氷が蒸発し、気体を発生させるとともに、氷や石・砂といった固体粒子を吹き飛ばして周囲にまき散らします。一般的に、彗星の光は、固体粒子による太陽光の反射と、気体分子の発光とが合わさったものですが、太陽のごく近くでは、気体分子はあっという間に原子レベルまで解離させられてしまい、その原子も電子をはぎ取られてイオン化したところを太陽風によって高速で吹き飛ばされていってしまいますので、SOHOの画像で見る彗星の光は、大部分が固体粒子が反射している太陽光と考えて差支えないでしょう。光る原理が太陽光の反射ですから、太陽光を受ける面積が大きいほど明るく見えることになります。これは、「小さな粒子が大量にある」ほど明るく見える、ということを意味しています。例えば、1kgの石1個と、一粒1gの砂1000粒を考えてみてください。全体の重さは同じですが、太陽光を受ける面積は砂1000粒の方が広いことが理解できると思います。

アイソン彗星が太陽の近傍を通過して暗くなった、ということは、太陽の近傍を通過した際に、小さい固体粒子が熱で蒸発して消滅した、と考えると理解できま



す。太陽の熱は岩石すら蒸発させてしまうほどの高温を作り出します。もともとの粒子が大きければ、表面が溶けるだけで芯の部分は溶けきらずに残りますが、もともとの粒子が小さければ、完全に溶けて蒸発してしまいます。

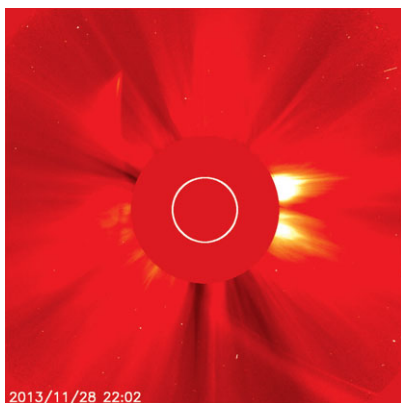
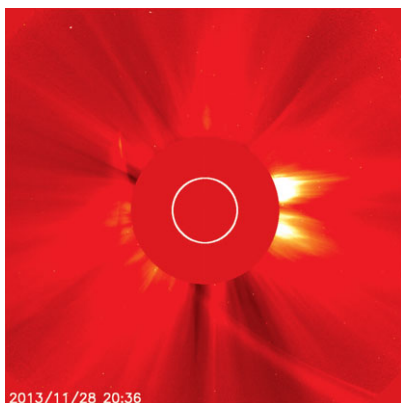
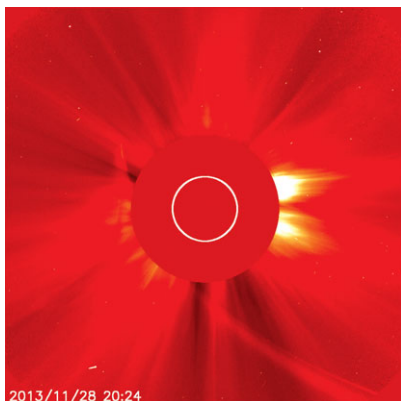
さて、ここでもう一度、アイソン彗星がマスクに隠れる寸前の画像を見てみましょう。17:36(UT)の画像では、マスクに隠れようとしている彗星の先頭部分よりも少し後ろ側の方が良く輝いています。その傾向は、17:24(UT)の画像にも見られます。これは、彗星核から大量の細かい粒子が放出されて、彗星の後ろの方(尾の方)へと移動したものと考えられます。地球でしたら、空気の抵抗がありますから、細かい粒子がフワフワと漂うのはよく分かるのですが、宇宙空間には空気はありません。細かい粒子が彗星の後ろ側へと移動するのは、光の圧力の働きです。光にはわずかですが、ものを押す力があります。それは、私たちの日常生活ではほとんど気がつかないわずかな力です。しかし、直径1ミクロンとか0.1ミクロンくらいの微粒子になると、光の圧力の影響が顕著に表れてきます。アイソン彗星がマスクの向こうへ隠れる前の画像では、彗星像の先頭にあるのが直径の大きな粒子、彗星の後ろ側にあるのが直径の小さな粒子、という風に、光の圧力の働きで整列させられていたはずですが、そして、彗星の先端部分にあるはずの彗星核本体よりも、後ろ寄りの部分の方が明るく輝いている、ということは、17:36(UT)の時点では、その瞬間に彗星核からまき散らされている微粒子の量よりも、それ以前に彗星核から離れていった微粒子の量の方が圧倒的に多



いことを意味しています。これはおそらく、17:36よりも少し前の時点で、大規模な彗星核の崩壊が起こって、短時間に圧倒的な量の微粒子が放出されたと考えるのが妥当でしょう。

そして、その時放出されたミクロンサイズ程度以下の微粒子は、全て、太陽の熱で消滅してしまい、彗星核が崩壊した時に大きなサイズまま残った粒子だけが、太陽近傍を生き延びて通過したのでしょう。

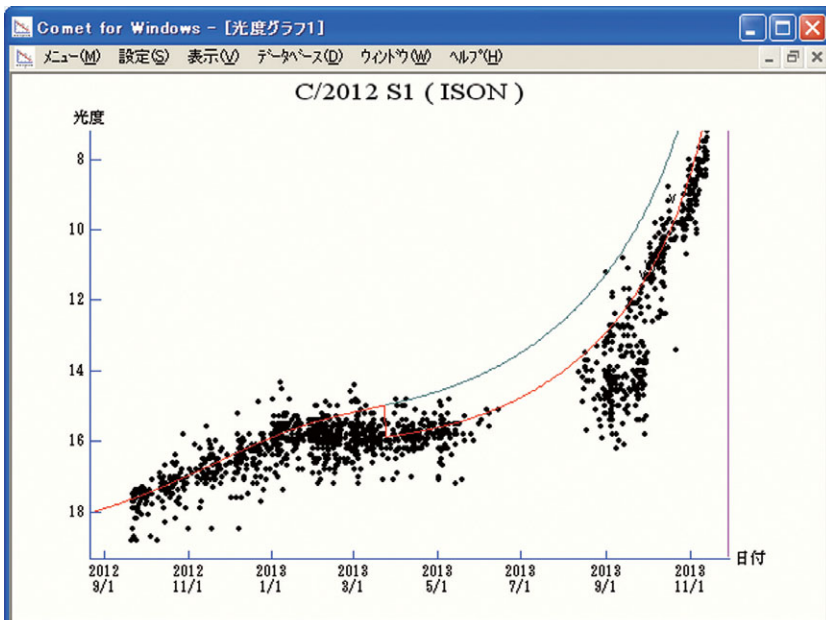
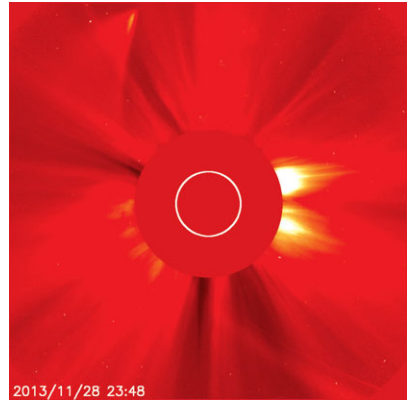
さらに、今度はマスクから出た後の画像をよく見てみましょう。マスクの陰から出てきた直後のアイソン彗星よりも、少し時間が経って太陽から離れてきた時の方が、明るく写っていることに気が付くと思います。先にも述べたとおり、明るく写るということは、細かい粒子が発生して表面積が増えることを意味しています。近日点を生き延びた粒子もさらに分裂・崩壊が進んで細分化していったものと考えられます。ただし、ここで注目しておきたいのは、光の圧力の影響を強く受けるような微粒子はほとんど発生していないということです。近日点を通過した後、ミクロンサイズ以下の微粒子が大量に発生すると、光の圧力は太陽と反対方向へ働くので、太陽の反対側へしっぽを伸ばすような形になります。ところが、実際に撮影された画像では、しっぽらしき構造は、彗星の進行方向後ろ側（マスクから出た直後は特に顕著）と、彗星の軌道から少しふくらむような方向でやはり進行方向よりも少し後ろ向き（少し時間が経ってからの方が分かりやすい）の2方向に出ています。進行方向後ろ側に続いているしっぽ上の構造は、光の圧力をほとんど受けていないの



で、それなりに大きなサイズの粒子で構成されているはずで、外側へふくらむように伸びているように見える構造は、近日点付近で一斉に放出された細かい粒子が、光の圧力で軌道を変えられながら運動しているもので、近日点を生き延びた後になってから彗星核から放出された粒子ではありません。

さて、ここで気になるのが、彗星の進行方向の後ろ側をしっかりとって進んでいく比較的大きなサイズの粒子の存在です。これらの粒子はいつ彗星核から離

れたものでしょうか？太陽のごく近傍でも彗星核と同じ軌道について行っているのですから、光の圧力の影響をほとんど受けない大きな粒子のはずです。しかし、彗星が軌道上を運動する際に受ける力は、太陽の引力と光の圧力しかありません。他には強いて挙げれば、彗星から物質が蒸発する際のガスの圧力がありますが、蒸発ガスの働きであれば、彗星核から四方八方へ広がる力になるので、一



吉田誠一のホームページ <http://www.aerith.net/index-j.html> より

列に並んで動くような粒子の集団を作ることはできません。

そう考えると、問題の大きな粒子は、わずかに光の圧力の影響を受ける粒子が、かなり以前に彗星から離れたものではないか、という推定にたどり着きます。

ここで、アイソン彗星の光度変化を振り返ってみましょう。下のグラフは吉田誠一氏が氏のwebサイトで公表されているアイソン彗星の光度観測の結果を解析したグラフです。

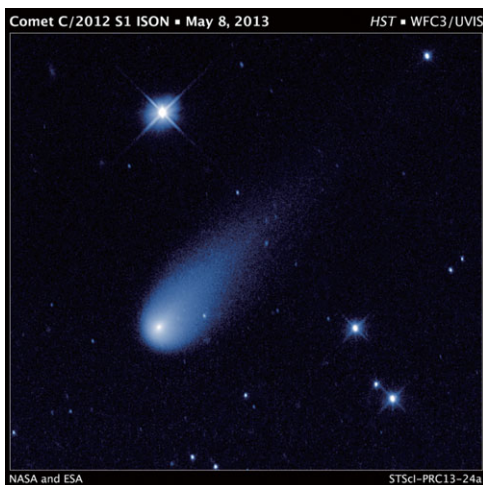
2013年の春から夏ころにかけては、「2013年の1月までの観測から想定された増光ペースよりも増光が鈍い」と気をもんでいたのですが、今から見返してみると、「発見された2012年秋から2013年1月くらいまでが、なぜか明るい」というように見えます。2012年秋ころに、彗星が分裂か破壊を受けるかして、大きな粒子を大量に発生させる（同時に小さな粒子も大量に発生し、彗星は明るくなるでしょう）ような出来事があったと考え、その影響が2013年3月頃に収まったと考えることも可能だと思います。その時の大きな粒子が、わずかながらも光の圧力の影響によって彗星核から離れていき、約1年かかって太陽の近傍に来た時に、一列縦隊をなしていた、と考えてつじつまが合います。

この考えが正しければ、我々人類は、すでに分裂して小さい氷の塊の集合体になっていたアイソン彗星を一個の大きな氷の塊と仮定して、大彗星になる夢を見ていた、ということになります。

ハッブル宇宙望遠鏡が2013年5月8日に撮影したアイソン彗星の画像が公開されたときに、多くの人は驚きました。太陽からまだ3.8天文単位も離れているにもかかわらず、その写真にはしっぽを伸ばすアイソン彗星が写っていたのです。たいていの彗星は、もっと太陽に近づいて太陽熱を多く受けるようになるまで、尾はほとんど伸びないのです。そして、こんなに遠くでも立派な尾を形成できるほどの大きな彗星なのだと誤解したのでした。

いいやま おおみ(科学館学芸員)

本文中のSOHO LASCOの画像は、ESA & NASAのwebサイトにて公開されているものです。



NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)