



科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)
<https://www.city.himeji.lg.jp/atom/>

天文シリーズ

彗星のダストテイル（塵の尾）の筋模様

ストリーエの謎を探る

Exploring the Mystery of Striae

姫路科学館 学芸・普及担当 秋澤 宏樹

彗星と言えば、尾の伸びた天体の姿を想像しますが、その尾には主に2種類あります。タイプIのイオンテイルとタイプIIのダストテイルです。大彗星と呼ばれるような尾の発達した彗星では、稀にダストテイルの中にストリーエと呼ばれる直線状の筋が現れることがあります(図1)。この筋の成因については諸説が争われ、決定的な原因は良く解かっていませんでした。最近その有望な新説が発表されたので紹介します。

■彗星の2種類の尾のできかた

数km程の大きさの「凍った泥団子」のような天体である彗星核が太陽に接近すると、その氷の成分が昇華してガス(気体)となり、凍り付いていたダスト(塵粒子)が放出されます。ガスは太陽光のエネルギーで電離し、電離したイオンは太陽を取り巻く電磁場によって反太陽方向に高速で飛ばされ、細く直線状のイオンテイルを形成します。一方、主に μm (1000分の1mm) サイズのケイ酸塩鉱物でできたダストは、太陽光圧(小さな粒子ほど強く働く光の圧力)で反太陽方向にゆるやかに押し流され、幅広く湾曲したダストテイルを形成します。電磁場の影響を受けるイオンテイルと異なり、ダストテイルに構造が現れることは多くありません。ところが大彗星には細い筋状のストリーエが現れることがあり、その成因を巡り主に2説が争われてきました。

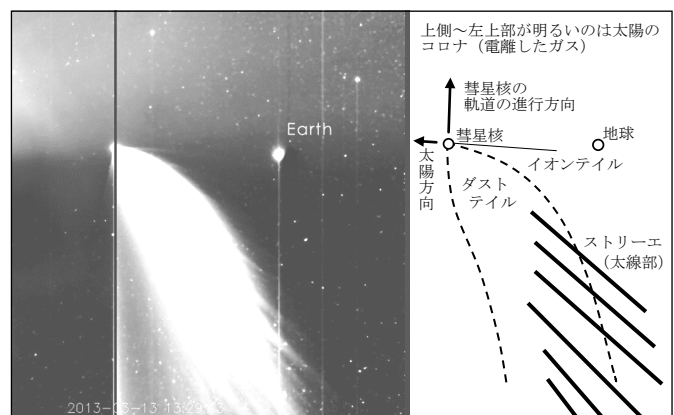


図1 STEREO-B 宇宙機が撮像したパンスターズ彗星 (C/2011 L4 Pan-STARRS) 2013年3月13日 © NASA (右側に模式図を追記)
STEREO-Aと-Bの2機は地球が太陽を公転する前後から太陽やその周辺を立体視で観測している。地球(Earth)と彗星核(左側の明るい最上部)から上下に伸びる白と黒の線は撮像装置内で光が飽和したもので実像ではない。彗星核から右に伸びる最上の細い筋がイオンテイル。その下側に幅広く伸びているのがダストテイルで、中に見られる複数の筋がストリーエ。(コントラストを調整)

■ストリーエを巡る2つの説

μm サイズの小さな物体であっても、ダスト一粒一粒は太陽を巡る天体です。従って惑星や衛星と同様に「ケプラーの法則」に則った運動をします。太陽光圧は太陽重力と反対方向に働くので、重力（万有引力定数）が光圧分だけ小さくなった状態を考えれば、ダストの軌道を計算できます。コンピュータで数多くの様々なダストの軌道を計算すれば、彗星の尾の形を再現することもできます。

こうした計算を通じてアメリカのセカニナ (Z. Sekanina) とファレル (J. Farrell) は、放出された後にダストが崩壊すると太陽光圧の働き方が変化して直線状の筋ができるというモデル (SFM) を提案しました^{*1} (図2上)。しかし SFM では多数のダストが一斉に崩壊する必要があり、その理由を説明することは困難でした。

それに対し日本の西岡 (K. Nishioka) と渡部 (J. Watanabe) は、ダストが段階的に崩壊するモデル (FLM) を提案しました^{*2} (図2下)。FLMならダストが一斉に崩壊する必要はないですが、セカニナらはFLMの計算では形状が楔形くさびがたのストリーエもある筈なのに、実際には観測されていないと反論しています^{*3}。SFM: Striated Fragmentation Model = 線条断片化モデル。FLM: Finite Lifetime Model = 有限寿命モデル

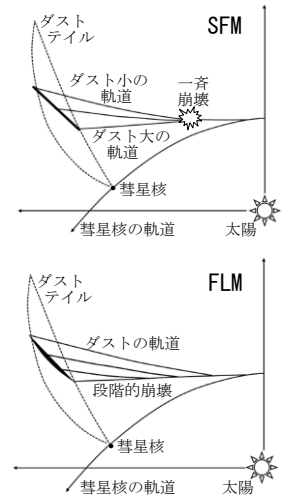


図2 SFMとFLMの模式図
彗星核から放出後にダストが崩壊すると、小さなものほど太陽光圧で遠くへ押し流され筋になる。

■ローレンツ力が働いた！

ステレオ STEREO宇宙機などの宇宙空間からの定常的な観測は、ストリーエの理解についても有益な画像をもたらしました (図3)。それらの画像を数多く解析したイギリスのプライス (O. Price) らの研究グループは、ストリーエ形成にはローレンツ力 (電磁場中で運動する荷電粒子が受ける力) が働いている可能性を突き止めたのです^{*4}。

太陽を取り巻く電磁場は太陽活動と共に変化しています。太陽面の観測から推定される電磁場の大きな変化とマクノート彗星 (C/2006 P1 McNaught) のストリーエ形成時刻との間に関連性が見られたことから、電氣的にはほぼ中性と考えられていたダスト粒子が電磁場の影響で帯電し、ローレンツ力が働いた結果、イオンテイルと同様のメカニズムが働いてストリーエが形成されると主張したのです。また彼らの解析では、FLMのようにダストが段階的に崩壊し小さくなって帯電する方が、観測事実と合致するとしています。帯電して飛ばされるのなら楔形のストリーエが観測されない理由も説明でき、一斉の崩壊も必要ありません。プライスらは解析した画像から動画を作成し公開しています。<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/new-insights-on-comet-tails-are-blowing-in-the-solar-wind>

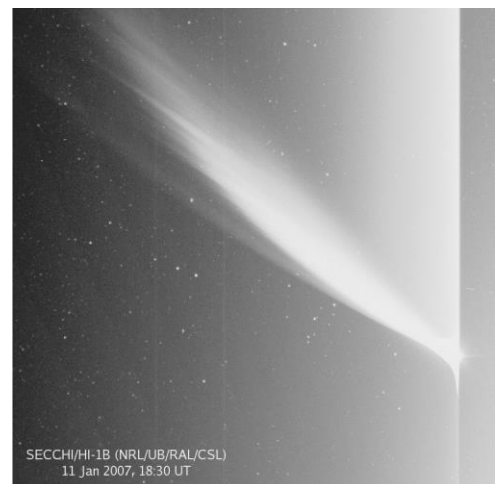


図3 STEREO-B宇宙機によるマクノート彗星 (C/2006 P1 McNaught) 2007年1月11日 © NASA
白縦線は実像ではない (図1参照)。ストリーエ形成時刻には電磁場の大きな変化が起きていた。

ストリーエが現れるようなダストの多い大彗星がやってきて、その美しい尾の形がどのようにして形成されるのか、更に謎が解き明かされていくのが楽しみですね。

*1 Sekanina, Z., Farrell, J., 1980. *Astron. J.* 85, 1538–1554.

*2 Nishioka, K., Watanabe, J., 1990. *Icarus* 87 (2), 403–411.

*3 Sekanina, Z., Pittichová, J., 1997. *Earth Moon Planets* 78 (1–3), 339–346.

*4 Price, O., et al., 2019. *Icarus* 319, 540–557.