

ダストテイルの観測

菅原 賢 < sugawara@star.email.ne.jp >

太陽を訪れた宇宙の放浪者が、大彗星として人類の記憶に刻まれるための条件。それは、尾にあるとあってよいだろう。特にダストテイルは、肉眼で見た彗星の姿を大きく左右する重要な要素である。別章でも述べたように、ダストテイルには彗星の過去の振る舞いが記録されている。美しい尾をたなびかせた彗星の写真には、美しさ以上の貴重な情報が秘められているのだ。いわゆる「観賞用」として撮影された写真も貴重なデータとなる。視野の広い小型機材が威力を発揮するという点でも、アマチュアの活躍が期待される分野である。

(1) 彗星の尾の光の成分

彗星の尾には、3種類ある。プラズマの尾、ダストの尾、そして、ヘールポップ彗星で事実上始めて確認された Na の尾である。観測にあたっては、これらがどんな波長の光を放っているのか、知っておくことが重要である。表に典型的な彗星の尾のスペクトルを示す。

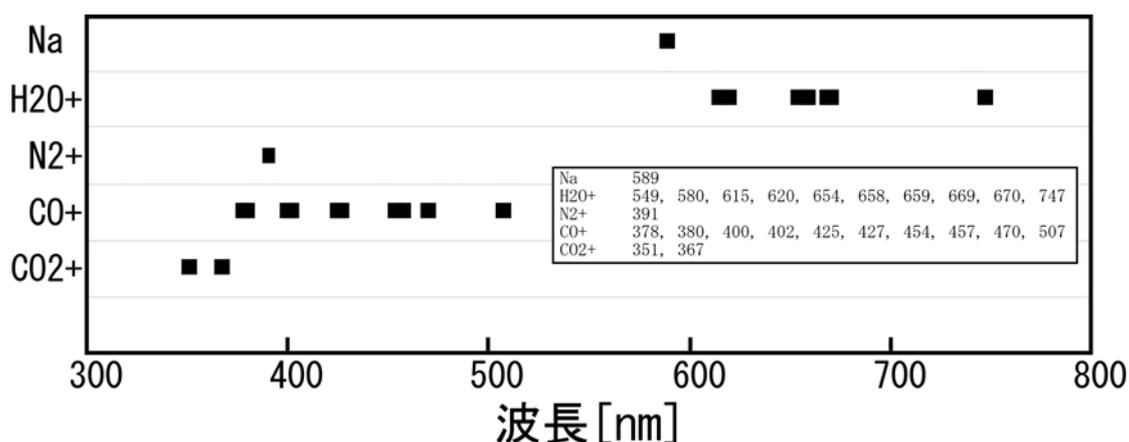


図1 彗星の尾のスペクトルの概念図 (理科年表, 斉藤 1983, Wyckoff 1983 より作成)

ダストテイルは太陽光を反射して光っているため、観測した波長のすべての領域で光っている(連続光)。したがって、純粋にダストテイルだけを見たい場合は、輝線のない波長域を見るか、他の2種類の尾と幾何学的に重なっていない部分を分析の対象とする必要がある。プラズマテイルは青い、というイメージが強いが H₂O⁺の尾は赤いことに注意すべきである。

(2) 写真による形状の観測

写真によって記録されたダストテイルの形状と、ベッセル・ブレディヒン法で計算した結果を比較することにより、ダストの Te、の分布を調べることができる(別章参照)。ダストの量を定量的に扱うことはできないが、解析も比較的簡単あり、いわゆる鑑賞用の写真でも利用できる点を強調しておきたい。撮影に必要なテクニックも、通常の撮影と特に変わることはない。

大規模なダストテイルの場合には、小型カメラの独壇場となろう。視野の広さ、解像度の高さ

ではCCDよりも優れている。

形態学的な解析に的を絞るならば、観測波長域にそれほどこだわる必要はない。むしろ、小口径の望遠鏡、写真レンズの場合は、光量の損失を防ぐためノーフィルタで撮影してもよい。

しかし、彗星の軌道平面と視線のなす角が小さい時期（別章参照）には、見かけ上プラズマテイルとダストテイルが重なってしまうことがある。特にコマ近くのダストテイルの根本付近ではこの傾向が強い。カラーフィルムならば、両者は色の違いで（CO⁺テイルは青く、ダストテイルは黄赤、H₂O⁺テイルは赤である）区別がつけやすいが、モノクロフィルムで撮影する場合には、フィルタの使用をおすすめする。フィルタワークについての詳細は、別章を参照してほしい。

（3） CCDによる測光観測

ダストテイルの輝度分布を測定できれば、フィンソン・プロブスタイン法などにより、ダストの量を定量的に見積ることが可能である。しかも原理的には、一度の観測で長期間にわたるダスト放出量の変化をとらえることができる。コマの光度観測と並び、彗星核の蒸発特性や、表面構造を知る上で重要な手がかりになる。

ダストテイルの明るさを測定するには、CCDによる観測が最適である。写真でも不可能ではないが、濃度測定器など特殊な機械が必要になり、精度も出しにくい。測光に使うからこそCCDの価値があると言ってもよい。ダストテイルが大きく広がった場合は、焦点距離の短いカメラ用のレンズ（場合によっては標準レンズクラス）を組み合わせた機材が有効である。

写真の場合と同様にノーフィルタでもよいが、測光を行うためにはフィルタを用いた観測が望ましい。CCDでは、写真では感じない700nmより長波長域で感度が高くなる点に注意が必要である。フィルタワークの詳細については、別章を参照してほしい。

撮像の基本はコマや他の天体と同様だが、視野が広く、地平線付近での観測を強いられるダストテイルの場合は以下の点にも配慮が必要である。そして何より透明度の高い安定した空で観測することが大切な条件である。

<1> ダークフレーム

観測時間の限られた彗星の場合の場合、機材を組み立てて即観測、という段取りになりがちだが、CCDの冷却温度が安定してから観測に入ること。淡いテイルが対象だけに、多くのダークフレームを取得してSN比を確保したい。

<2> フラットフレーム

広角測光の場合は、フラットフレームの質が精度に大きく影響する。迷光の混入が防止できれば、薄明フラットが好適。また、簡易積分球の使用も検討したい。

<3> スカイフレーム

地平線付近では、背景光（スカイ）の強度差が大きく、この補正は必須になる。天体の写っていない領域を基準に補正をするため、全画面をダストテイルが覆うことのないよう、視野に余裕を持たせること。別章のダストテイルの予想図が構図決定の参考になるだろう。

<4> 大気減光補正

<3>と同様、地平線付近では、大気減光度補正が複雑になる。画像上での地平高度に大きな差

があるため、2次元的に補正する必要があるからだ。1つの標準星をさまざまな地平高度で観測して補正係数を求めるのもよいが、視野が広い利点を生かし、彗星と同一フレームに写っている複数の標準星を利用する方法もとれる。事前に星図をよくチェックしておくことが必要である。。

(4) 偏光観測

彗星ダストが反射する太陽光は、一般に偏光を示す。その度合を偏光度と呼び、ダストのサイズ分布、光学的特性、散乱角(または位相角)に依存する。観測時刻における散乱角は、位置推算の手法で計算できるので、サイズ分布を仮定すれば、彗星ダストの光学的特性を決定することができる。ダストテイルの場合、同じ値を持つシンダイン曲線上では、同じサイズのダストが並んでいると考えられる。従って、サイズ分布を仮定しなくても、より直接的に光学的特性を知ることができるというメリットがある。

過去の彗星のコマのデータから推定すると、今回の2つの彗星では、偏光度は最大でも10%程度と予測される。このような条件で偏光度を正しく決定するためには1%の測光精度が要求される。しかも、偏光度を求めるためには、偏光フィルターの角度を変えた複数枚の画像が必要であり、地平高度が低く背景光強度と大気減光の変化が大きい彗星の場合、かなり厳しい条件である。偏光フィルター - の方向を変えてとりつけた複数のCCDカメラで同時に撮像する方法をとらないと、有意な結果は得にくい。なお、観測にあたっては偏光標準星のデータも必ず取得しておく。

(5) 分光観測

ダストテイルは太陽の反射光である連続スペクトルを示すが、その波長分布は太陽のそれとわずかに異なる場合がある。これもダストの光学的特性に依存すると考えられる。シンクロニックバンドやNaのスペクトルは、まだ観測例が少ないだけに、スペクトルが得られるだけでも貴重であると言える。

面積を持ったダストテイルの場合、分光された像の重なりを避けるために、スリット式分光器が必須となる。ただし、地球が軌道平面を通過する前後ではダストテイルが非常に細くなるので、工夫次第では対物プリズムによる分光観測も役にたつかもかもしれない。ただし、解析の難しさに比べ、どれほどの精度が出せるかは微妙なところである。撮影時には分散が尾と直角方向になるようにプリズムをセットする。

なお、対物分光器を彗星観測に用いる場合の留意点は、鈴木(1987)に詳しい考察がある。

(6) シンクロニックバンドに注目

シンクロニックバンドは、近日点距離の小さな彗星でのみ観測されてきたが、ヘール・ボップ彗星は常識を覆し、0.9AUという日心距離でシンクロニックバンドを見せた。生成のメカニズムとは別に、ダストの放出量が大きく、テイル全体の輝度が高くないと見えないという選択効果も働いているのだろう。

今回の2つの彗星でも検出の可能性は十分にある。特に、ダスト放出量の多い近日点通過前後は要注意である。観測後は、すぐに撮影した写真・画像をチェックし、万一観測されたら迅速に他の観測者へ連絡して欲しい。

【参考文献】

- [1] 国立天文台編, 「理科年表(平成7年度版)」, 丸善.
- [2] 斉藤馨児, (1983), 「彗星」, 講談社ブルーバックス.
- [3] Wyckoff, S., (1983), Over View of Comet Observations, in Comets, Wilkening, L.L. ed. Univ. of Arizona Press.
- [4] 菅原賢, (1995), 「彗星」, 『アマチュアのための太陽系天文学』渡部潤一監修、シュプリンガー・フェアラク東京, p.9.
- [5] 鈴木文二, (1995), 「CCDの応用とその実例」, 『アマチュアのための太陽系天文学』渡部潤一監修、シュプリンガー・フェアラク東京、p.147.
- [6] 佐伯和人、坪井直、林宏昭(2001), フラットフィールド補正用野外積分球の製作と活用, 遊・星・人 10巻、3号, 日本惑星科学会、p.126.
(<http://rimrpost.rimr.akita-u.ac.jp/~ksaiki/sekibun/is.html>)
- [7] 菅原賢・浜田亮太・広住元・岡拓真・田村裕・緒形勇(1996), CCDカメラによるダストテイルの広角測光観測, 彗星夏の学校集録 1996年版、p.6.
(http://www.asahi-net.or.jp/~se2k-sgwr/96b2/96css/96css_dtail.html)
- [8] 小関高明, (1980), コホーテク彗星の尾の写真偏光測光, 彗星夏の学校集録 1980,81年版, p.22.
- [9] 鈴木文二, (1987), 対物プリズムによる彗星スペクトル観測の整約方法, 彗星夏の学校集録 1990年版, p.s1.
- [10] J.Watanabe, H.Fukushima, D.Kinoshita, K.Sugawara and M.Takata(1997), "Detection of Synchronic Bands in the Dust Tail of Comet C/Hale-Bopp 1995 O1", Pub. Astron. Soc. Japan, Vol. 49, L35-L39 and Plates 17-18.