

# ヘール・ボップ彗星の偏光撮像観測

古 莊 玲 子

〈理化学研究所 〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1〉

e-mail: furshork@cc.nao.ac.jp

1997年春にヘール・ボップ彗星核近傍の偏光撮像観測を岡山天体物理観測所の91 cm望遠鏡にとりつけた岡山可視偏光撮像分光装置(OOPS)を用いて行った。彗星核から放出された塵(ダスト)が太陽光を散乱した際に生じる直線偏光度を詳細に調べることで、彗星ダストの性質を明らかにすることが目的であった。この観測のうち、3月17日だけは、異なる波長のダスト連続光に対応した狭帯域フィルター2枚を用いたので偏光度マップに加えて同時にカラーマップが得られた。よって本稿では、この日の観測とその結果について紹介する。

## 1. はじめに

### 1.1 彗星のダスト

彗星は太陽系形成時の化石——始源的天体と言われ、太陽系形成時に惑星になりきれなかった天体の名残りと考えられています。彗星は、よく「汚れた雪玉」といわれるように、その8割が水の氷からなり、残りが数十種類の揮発性物質と個体微粒子(塵、ダスト)からなります。彗星が太陽に近付くと、水の氷や揮発性物質が昇華し、このガスの流れに乗ってダスト粒子が太陽系空間に放出されていきます。これら揮発性成分やダストは、我々が太陽系形成時の情報を知る際の手がかりとなると考えられています。

彗星ダストの物理量を調べることによって、その彗星核が太陽系形成時のどの領域で形作られたかという情報が得られるかもしれません。また、彗星核は原始太陽系星雲中で生まれたので、太陽系の進化についての情報も彗星のダストから得ることが出来ると期待されます。

一方で、彗星からのダストは現在の太陽系空間へのダストの主要な供給源でもあります。すなわち、彗星のダストを観測することは、太陽系空間のダ

スト環境を研究する上で非常に重要なのです。

彗星ダストを調べる観測としては、まずダストの直線偏光度やカラーの観測、中間赤外スペクトルに現れる $\text{H}_2\text{O}$ 氷や $\text{SiO}$ 鉱物などの特徴的なフィーチャーを検出する観測などが挙げられます。また、ダストの空間分布や特徴的な空間構造からは力学的な側面から分かるダストの物理量が調べられました。本研究ではこのうち、直線偏光度、カラー、そして空間分布を調べる観測を行いました。

### 1.2 彗星ダストの偏光観測

彗星からの光が偏光していることは、19世紀初期から知られていました<sup>1)</sup>。一般に、偏光はダストによる太陽光の散乱光と原子あるいは分子ガスの蛍光散乱による輝線光との両方において観測されます。このうち、ダストにより散乱された太陽光の偏光度は、そのダストの光学定数(ダストを構成する鉱物に依存する)、粒径分布、散乱の位相角、そしてダストの形状の関数となります。ここで散乱位相角とは、太陽—彗星—地球のなす角度のことです。彗星を含めた太陽系内天体の(直線)偏光度 $P$ は図1に示すように、散乱光強度 $I$ の太陽—object—地球のなす面(散乱面)に対する平行成分 $I_{\parallel}$ と垂直成分 $I_{\perp}$ とで次のように定義され

ます；

$$P = \frac{(I_{\perp} - I_{\parallel})}{(I_{\perp} + I_{\parallel})}$$

これまで、彗星のダストによる散乱光の直線偏光度の観測は彗星のダストの物理量を知る手段として行われてきました。

これまでの彗星の偏光観測では、一般に、ある視野内の全フラックスの偏光度を異なる散乱位相角についての観測を行い、偏

光度が散乱位相角に対してどのように変化するか調べられてきました。様々な彗星に対する観測から、偏光度の散乱位相角に対する変化は、次のような傾向を示すことが判っています。まず、位相角が $0^{\circ}$ では偏光度はほぼ0であり、位相角の小さいところで偏光度が負の値を示し極小値を経てから位相角約 $20^{\circ}$ 付近で偏光度は正に転じ、位相角約 $90^{\circ}$ 付近までは偏光度は上昇します。そして、位相角約 $90^{\circ}$ 付近でピークを示すようです。

一つの彗星について位相角 $0^{\circ}$ から $90^{\circ}$ 以上という広い位相角範囲で観測された例は稀ですが、ほとんどの彗星の観測データは同じような曲線上に分布しています。

Levassaur-Regourdらによれば、過去の彗星の偏光観測のデータベースから22個の彗星のデータを用いて比較したところ、位相角 $45^{\circ}$ 以上のところで偏光度の最大値 $P_{\max}$ がほぼ30%となる彗星と $P_{\max}$ が20%以下の彗星の2つのグループに分類されるということが報告されています<sup>2)</sup>。

一方で、彗星の直線偏光度は光学中心からの距離で変化することが指摘されていました<sup>3), 4)</sup>。偏光撮像観測は、偏光度の2次元的空间構造を調べようという観測で、現在までにもいくつかの彗星について行われてきました。特に80年代になってCCDという2次元の良い検出器が普及してきたので、より精度良いデータが期待されるようになった観測

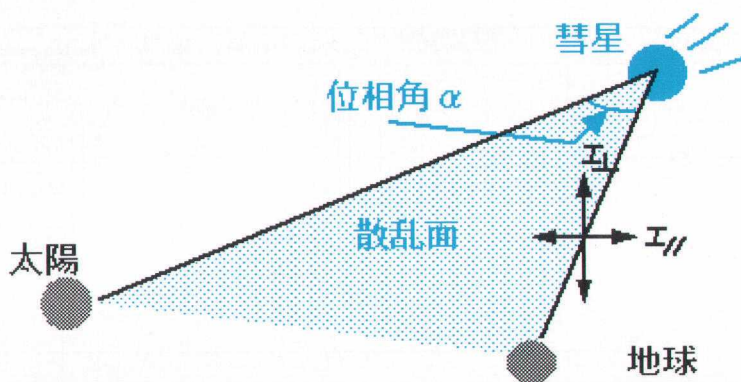


図1 太陽系内天体（彗星など）についての直線偏光度の定義の概念図。

です。初期の偏光撮像観測では、1976年に Weinberg と Beeson が池谷-関彗星の尾にそって偏光度を測定したものがあります<sup>5)</sup>。

彗星内部コマの偏光撮像観測は、ハレー彗星をはじめこれまでに7彗星についての観測が報告されています<sup>6), 7), 8)</sup>。これまでの観測で報告されていることをまとめると、次のようになります。

- (1) ダストジェット（活動領域からダストが吹き出している構造）の活動があるときは、ジェットと対応して高偏光度の構造が観測される。
- (2) 中心に向かって偏光度が低くなっているようである<sup>8), 9)</sup>。特に Renard らは1996年の報告で、アッシュブルック-ジャクソン彗星の観測では中心部分に負の偏光度領域が見られたと報告している<sup>9)</sup>。

これら過去の観測は、1992年のレビー彗星の観測報告以外は全て広帯域フィルターを用いたの観測でした。ところで彗星からの光には、可視域、特にVバンドでは原子や分子ガスの輝線が多数存在し、Vバンドのフィルターを用いた観測ではこれらガスの輝線光の混入が無視できないという問題がありました。

### 1.3 彗星ダストのカラー

彗星からの光は、先に述べたようにダストによ

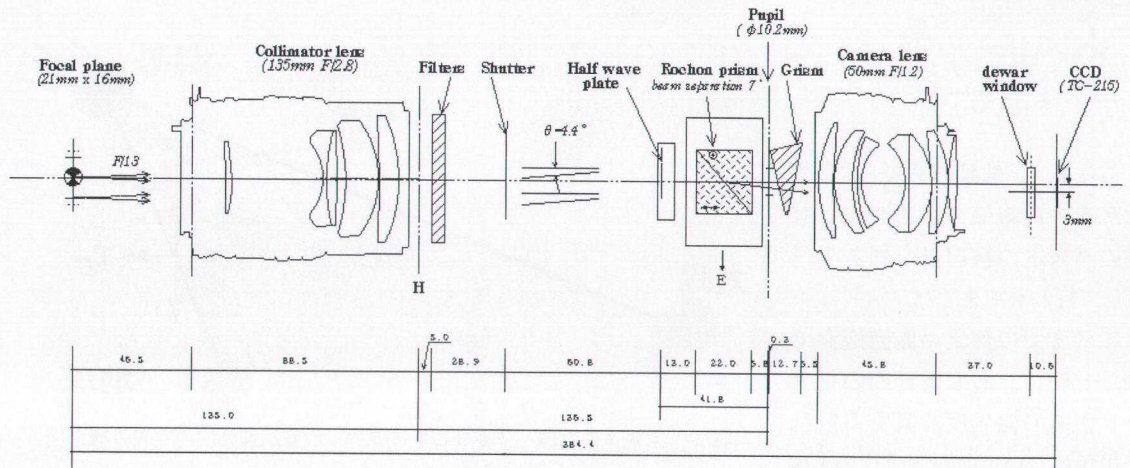


図2 OOPSの光学レイアウト(佐々木他, 1995, 図2より引用)。コリメータレンズとカメラレンズの間のコリメータビーム領域中にフィルターレット, シャッター, 半波長板およびロクションプリズムからなる偏光素子部, そしてグリズムが配置されている。この図のなかではグリズムは90°回転して描かれていることに注意。

る散乱光(ダスト連続光)とガスの蛍光(ガス輝線光)とがあります。彗星ダスト連続光のスペクトルを太陽輻射のスペクトルで規格化したものを、ここではカラーと呼ぶことにします。彗星ダストのカラーはその粒径分布と光学定数(複素反射係数)とに依存します。一般に、彗星ダストのカラーは太陽光よりもほんの少しだけ赤く、すなわち波長が長いほど反射能が高くなるという傾向があります<sup>10)</sup>。カラーもまた、彗星ダストの光学定数(すなわち、鉱物組成)や粒径分布を知る有効な手がかりとなります。

#### 1.4 ヘール・ボップ彗星について

ヘール・ボップ彗星は、1995年7月23日に Alan Hale と Thomas Bopp とがそれぞれ独立に発見した彗星です<sup>11)</sup>。発見当時この彗星は10.5-10.8等で、まもなく軌道が確定して7 AUという遠方にあることが判り、大ニュースとなりました。発見当時の明るさと太陽からの距離から考えると、近日点付近での明るさは0等以上に明るくなると期待されたためです。発見後まもなく、まだ7 AU ほど太陽から離れた場所ですでにダストジェットの活動

が観測される<sup>12)</sup>など、非常に活動が活発な彗星であり、彗星ダストの偏光観測やダストジェットの観測の好対象でした。ヘール・ボップ彗星は、これまでに観測された彗星の中でも最もダストの多い彗星の一つ<sup>13)</sup>でした。ハレー彗星は、彗星の中でもダストの多い部類にはいる彗星ですが、ヘール・ボップ彗星のガスに対するダストの比はハレー彗星の約5-10倍と報告されています。

1997年1月頃から近日点通過日(彗星が最も太陽に近づく日)である4月1日を挟んでの数カ月間、この彗星の頭部拡大像(内部コマ)でアーク構造あるいはシェル構造などと呼ばれる特徴的なジェット構造が見られました(図3 a, bを参照)。これはちょうどコイル状の物を斜め横から見たような形で、彗星核上に1箇所非常に活発な活動領域(ジェット源)があり、そこから吹き出したダストが彗星核の自転で螺旋状に分布しているというモデルでかなり良く近似されます。つまり、ちょうどホースから水を吹き出させながら振り回しているところを斜め横から見たようなもので、ホースの吹き出し口にあたるのがダストジェットのジェット源で、水が吹き出してくるダストです<sup>14)</sup>。

## 観測結果

1997.3.17

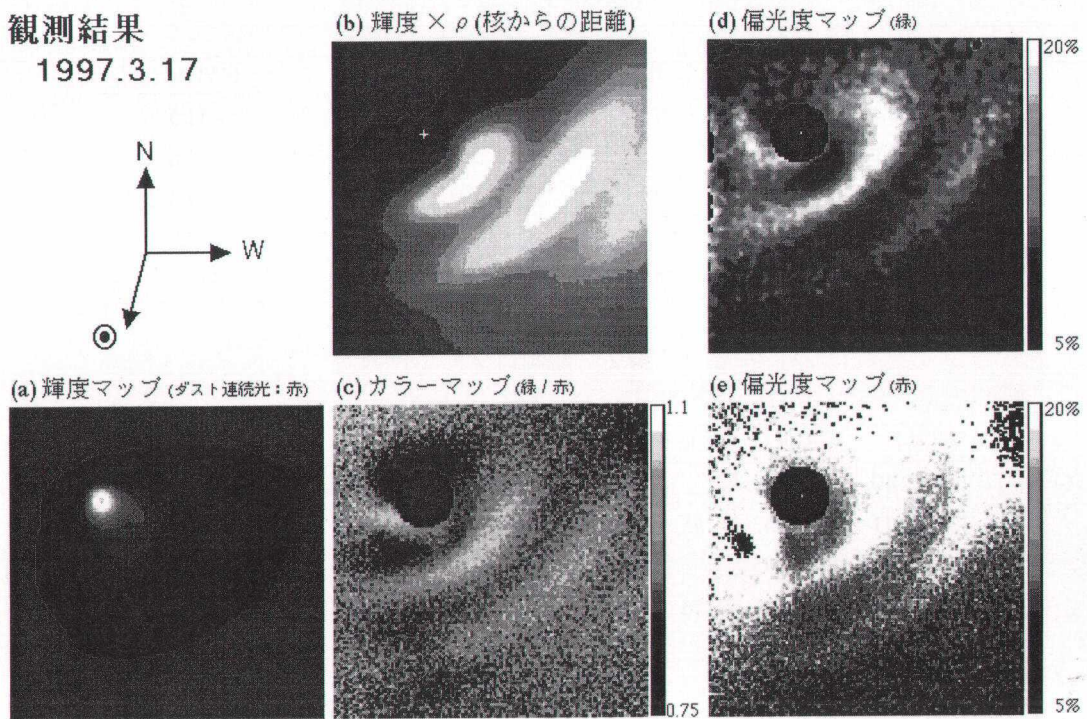


図3 1997年3月17日の観測結果。各図の方向はすべて上が北、右が西で、図のサイズは $81'' \times 81''$ 。(a) 輝度分布図 (赤の波長域の狭帯域フィルター使用)。(b) 輝度 $\times \rho$  (中心核からの距離)。 $1/\rho$ は等方的に一定速度でダストが拡散していくと仮定したときのダストコマの輝度分布モデル。(c) カラーマップ。緑の波長域の狭帯域フィルターの輝度に対する赤の波長域の狭帯域フィルターの輝度を、太陽類似星の輝度比で規格化した。値が1のとき、太陽の輻射に対するダストの反射能が、波長によらないことを示し、値が1以下のときは波長が長いほどダストの反射能が大きい(赤い)ことを示す。カラーの“青い”アークが見られる。黒く塗り潰した部分は、エラーの高いところに対するマスク((d), (e)も同様。本文参照のこと)。(d) 偏光度マップ(緑の波長域の狭帯域フィルター使用)。偏光度の高いアークが見られる。(e) 偏光度マップ(赤の波長域の狭帯域フィルター使用)。偏光度の高いアークが見られる。

このアーク構造のアーク(円弧)の移動量からヘール・ボップ彗星の自転周期も求められ<sup>15)</sup>、この結果は彗星の変光曲線から求められた自転周期<sup>16)</sup>と良く一致していました。

このようにヘール・ボップ彗星は彗星活動が活発で十分な明るさがあったため、我々の偏光撮像観測は狭帯域フィルターを用いて行うことが可能でした。これにより、ガスの輝線光の混入は格段に低く、ほとんど無視できる程になりました。また、特に3月17日の観測では、緑と赤の異なる2波長のダスト連続光に対応したフィルターの組合せで観測を行ったので、それぞれの波長についての偏光度

マップに加え、カラーのマップを得ることができました。そこで、本稿では、この3月17日の観測結果について述べてゆきます。

## 2. 観測

我々は、1997年の春に岡山の91 cm望遠鏡に取り付けた可視偏光撮像分光装置(通称OOPS)を用いてヘール・ボップ彗星の偏光撮像観測を行いました。観測に用いたフィルターは、 $C_2$ および $H_2O^+$ という2種類のガス輝線光およびそのすぐ近傍のダスト連続光に対応した計4枚の狭帯域フィルターで、これに加えて天候の悪い場合に備えてI

表1 使用したフィルターの詳細

フィルター名	ID	中心波長 (nm)	FWHM (nm)
C <sub>2</sub> emission	#1	515.7	11.5
Green continuum	#2	526.1	7.6
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> emission	#3	703.5	17.8
Red continuum	#4	714.5	5.2
Kron-Cousins I-band	#5	800.0	150.0

表2 観測ログ\*

観測日	使用フィルター	R (AU)	Δ (AU)	α (°)
1997. 2.10	#1, #2	1.253	1.810	31.4
1997. 2.11	#3, #4, #5	1.242	1.791	31.9
1997. 2.12	#5	1.231	1.771	32.5
1997. 2.13	#1, #2, #5	1.220	1.752	33.6
1997. 2.17	#3, #4	1.177	1.677	35.3
1997. 3.17	#2, #4	0.949	1.324	48.6
1997. 4. 1	#1, #2	0.914	1.354	48.6
1997. 5. 1	#3, #4, #5	1.060	1.778	29.9
1997. 5. 4	#5	1.087	1.829	30.4

\* R は彗星の日心距離, Δ は彗星の地心距離, α は位相角を示す. 使用フィルターの番号は, 表1のID番号に対応.

バンドの広帯域フィルターを用意しました. 用意したフィルターの詳細を表1に示します.

観測を行なったのは1997年の2月~5月のそれぞれ約1週間です. 観測日, 使用したフィルター, その時の彗星の位相角などを表2に示します. 表2を見ていただければおわかりになるように, 残念ながら2月以外は天候に恵まれず, 観測日に偏りができてしまいました. 前述の通り, 3月17日の観測ではガス輝線光に対応した狭帯域フィルターは使わず, 異なる2波長のダスト連続光の狭帯域フィルターを用いて観測を行いました. これにより, ダストの直線偏光度だけでなく, カラーの情報も得られたので, この日のデータについて詳しく解析することにしました.

機器の補正のために, (強)偏光標準星として

HD43384 (9Gem), HD154445 を, 無偏光標準星として BD + 332642 を観測しました. 偏光標準星のデータは偏光角のシフト量の補正を, 無偏光標準星のデータは機器内部で生じる偏光の補正をするためのものです. また, 太陽類似星として BSC7569 (G0V) を撮像しました. このデータは, 今回の解析においては, ダストカラーを求める際に太陽輻射のスペクトルで規格化するために用いました. さらに, 撮像データから彗星からの光を取り出すためには半波長板の位置角毎にそれぞれバックグラウンドのスカイを撮って差し引く必要がありますが, 彗星は拡散状の天体なので, 星のように同一フレームでスカイを撮ることはできません. そこで, 彗星の最も明るい中心 (核) から約1度, 北あるいは南に望遠鏡を振って, スカイを撮像しました.

## 2.1 観測機器

ここで、我々の用いた OOPS という観測機器について簡単に紹介します。

OOPS はコリメータレンズとカメラレンズの間の入射光が平行光線（コリメータドビーム）となった部分にフィルターターレット、シャッター、偏光素子（半波長板+ロッシンプリズム）、第2フィルターターレットとしての分光素子（グリズム）が配置され、さらに 1024 × 1024 ピクセルの窒素冷却 CCD (TC-215) で撮像するシステムです。OOPS では、観測によって容易に偏光素子部、分光素子部を光路内に配置したり外したりでき、偏光素子部、分光素子部の組合せによって、偏光撮像観測、低分散分光観測、分光偏光観測、そして直接撮像観測の観測モードを選択できるように設計されています<sup>17)</sup>。OOPS の光学レイアウトを図 2 に示します。

直線偏光の観測には、ロッシンプリズム（分離角 7 度）と回転半波長板の組み合わせを用います。ロッシンプリズムでは、常光は直進し異常光は偏角をもって射出されます。常光像と異常光像を同時に撮像するため、空の透過率の変動を画像間で相互補正することができます。このことは、日本の決して安定とは言い難い空で、しかも明け方や夕方の低空という悪条件下で観測を行うことの多い彗星の偏光観測において、精度を上げるためには重要なことです。また、常光像と異常光像を分離して撮像するために焦点上に 21 mm × 16.2 mm のマスクを配置しています。よって画像サイズは、望遠鏡が F/13、OOPS の縮小率が 1/2.7 ですので全体では F/4.8 となり、マスクを通した視野は 6.0' × 4.6' になります。

OOPS についてより詳しくは、佐々木他 (1995a,b)<sup>17), 18)</sup>、湯谷他 (1995)<sup>19)</sup> などをご参照下さい。

## 3. ヘール・ボップ彗星の偏光度マップとカラーマップ

まず、解析結果を図 3 に示します。図 3 のすべてについて、表示領域は 81" × 81"、方向は図の上が北、右が西です。太陽の方向は ⊙ で示しています。

図 3 a は明るさの強度（輝度） $I$  の分布、つまり普通の撮像画像です。中心が非常に明るく、これでは周辺の構造が分かり難いので、最も明るいところを中心（核）と仮定し、核からの距離  $\rho$  で  $I$  を割ったものが図 3 b です。ここで  $1/\rho$  という輝度分布は、ダストが球対称に一定速度で拡散していくと仮定したときの彗星のコマの明るさのモデルです。図 3 b をみると、先に述べたダストジェットによるアーク構造が強調されています。一方で、ジェットの反対方向はほぼフラットになっており、 $1/\rho$  分布がだいたい良い近似であることが分かります。ここで、中心部分が落ち込んでしまっているのは、地球大気による point-spread function (PSF) の影響で観測画像においては中心の値がなまっているためです (PSF とは点光源である星からの光が地球大気のゆらぎによってあるひろがりを持つ、そのひろがりの分布関数のこと)。

図 3 c はカラーマップです。ここでいうカラーとは、次の式で定義されたものです；

$$I_{\text{color}} = \frac{I_{\text{green}}(\text{comet}) / I_{\text{red}}(\text{comet})}{I_{\text{green}}(\text{solar}) / I_{\text{red}}(\text{solar})}$$

$I_{\text{green}}, I_{\text{red}}$  はそれぞれ前述の緑及び赤のフィルターによる観測データの輝度、comet, solar はそれぞれ彗星、太陽類似星のフレームを指します。さらに、太陽類似星として観測した星は G0V 型でしたので、太陽のスペクトルタイプ G2V に補正してあります。値が 1 より小さいと、散乱光のうち波長の長い光が波長の短い光よりも卓越している（すなわち赤い）ことを示しています。図 3 d, e はそ

れぞれ緑および赤のフィルターによるデータの偏光度マップです。

カラーおよび偏光度マップでは、エラーの大きい部分を黒くマスクしました。エラーは、中心部分(核)と核近傍で核から見て北東の領域、そして図の周辺部で高くなっていました。そこで、特に中心部分については核を中心に半径8"の範囲をマスクしました。ここで、中心部分でエラーが高いのは図3 bの中心部分のへこみと同様にPSFの影響や波長によるPSFの違いの影響、位置あわせのエラーなどが考えられます。特に核近傍で核から見て北東の領域でエラーが高いのは、観測中のPSFの変動による影響が大きいと考えられます。また、図の周辺部のエラーは、十分な光度がないためです。また、彗星は移動天体のため、背景に星が現れたり消えたりします。ハール・ボップ彗星は非常に明るかったので、背景の星はほとんど映らないのですが、偏光度を求めるためには3枚の画像間の演算を行うので、そのうちの1枚に星が映っていた場合には、星の部分の偏光度は異常な値であらわれます。しかし、同時にエラーも非常に高くなりますので、そのような星の映った部分はやはりマスクしてあります。

図3を見てまず気づくのは、図3 bのアークと同じ構造がカラーおよび偏光度マップ(図3 c, 3 d, 3 e)に見られ、カラーでは青く、偏光度は高いことです。そして、カラーの青い領域と偏光度の高い領域は位置関係も良く一致しています。さらに、図3 c, 3 d, 3 eでもっとも青い/偏光度の高い位置は図3 bのアークの位置(もっとも明るい部分)とは若干ずれていて、核から見て遠い位置にあります。これは何を示しているのでしょうか？

まず、カラーが青く偏光度が高い領域には、一般的に考えて細かいダストが集まっていると思われる。この非常に顕著なダストジェット中のダストの粒径分布は、彗星核のそれ以外の場所から放出されているダストと比べてより細かいダストの多い分布になっているのではないかと推測されます。し

かし、それだけでは輝度マップ(図3 b)とカラー及び偏光度マップ(図3 c, d, e)のアークのずれは説明できません。

そこで、モンテカルロ法によるシミュレーションを行い、これらの観測結果の再現を試みました。ここで、散乱計算は簡単のため、球形の粒子によるミー散乱を仮定しました。そして、数値計算の結果、次のようなモデルで、カラー及び偏光度マップに現れたアーク構造は説明可能であることが分かりました。すなわち、本稿の冒頭で述べたように、彗星ダストというものはガスによって彗星核から引きずり出されてきます。ガスによる加速で得られる終端速度はダストの粒径によって異なり、粒径が小さいほど大きくなり、ガスの速度に近づきます。ガスやダストが核から等方的に放出されている場合には、この効果は空間上の各点でのダストの粒径分布に違いを生じません。しかし、ハール・ボップ彗星のように回転する彗星核上にある噴出口(活動領域)からガスやダストが放出される場合には、同時刻に放出されたダストでも粒径の違いによって彗星核からの距離に違いが生じます。このことにより、空間的に粒径の小さな(あるいは大きな)ダストが集中する部分が生じます。すなわち、ダストジェットの非対称な構造では、空間的な粒径分別が起こり、カラーや偏光度マップに見られるアーク構造が現れると考えられます。このモデルは、カラー及び偏光度マップのアークが輝度マップのアークに対して、核から見て外側の方へとずれていることも良く説明します。

#### 4. まとめとこれからの課題

今回の我々のハール・ボップ彗星の偏光撮像観測では、観測に狭帯域フィルターを用いたため精度の良い彗星ダストの偏光度観測を行うことができました。さらに2種類のフィルターを同一夜に用いた観測からはカラーの情報も得ることができました。そして、近日点通過日(1997年4月1日)の前後数ヶ月の間、ハール・ボップ彗星の核近傍画

像に特徴的に見られたアーク構造が、偏光度及びカラーのマップにも見られました。モデル計算から、これら偏光度及びカラーのマップにおけるアーク構造の形成には、彗星核から吹き出してくるガスによるダストの加速が重要な役割をはたしていることが分かってきました。

しかしながら、今回は、3月17日のデータについてしか解析とモデルフィッティングを行っていません。今後、ほかの観測日についても解析を進め、このモデルの検証を行う必要があります。さらに、本稿ではモデル計算についてはあまり詳しく述べませんでしたが、今回の偏光撮像データを用いて彗星のダストジェット中のダストの物理量や物理素過程についてどれだけ迫れるか、より現実的なモデル作りは残された課題の一つです。

## 謝辞

本稿は、筆者の博士研究について観測部分を中心に紹介したのですが、この研究は様々な人の御支援のもとに行うことができました。

まず、博士研究を行うにあたっては、指導教官の向井 正教授にたくさんの助言をいただきました。また、博士課程最終学年の時受託院生として三鷹の国立天文台に滞在中には、国立天文台の渡部潤一助教授に様々な研究におけるサポートをしていただきました。深く感謝致します。

博士論文前半のヘール・ボップ彗星の観測は、筆者を快く観測グループに加えてくださった観測PIの鈴木文二氏をはじめ、山本直孝氏、河北秀世氏、OOPS 開発グループでもあった佐々木敏由紀氏、清水康広氏、倉上富夫氏との共同研究によるものです<sup>20)</sup>。そしてこの観測は、岡山観測所のスタッフの方々の支援なしにはあり得ませんでした。あらためてここに感謝を致します。

また、モデル計算は Daniel C. Boice 氏と河北氏との共同研究として行いました。両氏に感謝致します。

## 参考文献

- 1) Dobrovolsky O. V., Kiselev N. N., Chernova G. P., 1986, Earth, Moon, Planets 34, 189
- 2) Levasseur-Regourd A.-C., Hadamcik E., Renard J. B., 1996, A&A 313, 327
- 3) Dollfus A., Suchail J. L., 1987, A&A 187, 669
- 4) Dollfus A., Bastien P. Le Borgne J. F., Levasseur-Regourd A. C., Mukai T., 1988, A&A 206, 348
- 5) Weinberg J. L., Beeson D. E., 1976, A&A 48, 151
- 6) Eaton N., Scarrott S. M., Warren-Smith R. F., 1988, Icarus 76, 270
- 7) Renard J. B., Levasseur-Regourd A.-C., Dollfus A., 1992, Ann. Geophys. 10, 288
- 8) Tozzi G. P., Cimatti A., di Serego Alighieri S., Cellino A., 1997, Planet. Space Sci. 45, 535
- 9) Renard J. B., Hadamcik E., Levasseur-Regourd A.-C., 1996, A&A 316, 263
- 10) Newburn R. L. Jr., Spinrad H., 1985, AJ 90, 2591
- 11) Hale A., Stevens J., Bopp T., 1995, IAU Circ. 6187
- 12) Jewitt D., Chen J., 1995, IAU Circ. 6216
- 13) Schleicher D. G., Lederer S. M., Millis R. L., Farnham T. L., 1997, Science 275, 1913
- 14) Sekanina Z., 1998, ApJ 494, L121
- 15) Licandro J., et al., 1998, ApJ 501, L221
- 16) Rodriguez E., et al., 1997, A&A 324, L61
- 17) 佐々木敏由紀, 湯谷正美, 清水康広, 倉上富夫, 1995, 国立天文台報 2, 545
- 18) 佐々木敏由紀, 倉上富夫, 清水康広, 湯谷正美, 1995, 国立天文台報 2, 567
- 19) 湯谷正美, 清水康広, 倉上富夫, 佐々木敏由紀, 1995, 国立天文台報 2, 583
- 20) Furusho R., Suzuki B., Yamamoto N., Kawakita H., Sasaki T., Shimizu Y., Kurakami T., 1999, PASJ, in press

## Observation of Polarimetric Imaging of Comet Hale-Bopp

Reiko FURUSHO

*The Institute of Physical and Chemical Research*

Abstract: Observations of imaging polarimetry of the inner coma of comet Hale-Bopp were performed using Okayama Optical Polarimetry and Spectrometry system (OOPS) mounted on 91-cm reflector at Okayama Astrophysical Observatory, during 1997 Spring. The purpose of the observations was to study the properties of cometary dust grains through analysing the linear polarization of sunlight scattered by cometary dust grains. On only 1997 March 17, two different narrow-band filters for the continuum were used, so that not only polarization maps but also a color map were obtained. Therefore, results of the observations on 1997 March 17 are introduced in this article.