

“COMET” による comet の観測!!

～ 核が崩壊したりニア彗星 (C/1999 S4) ～

福島 英雄

〈国立天文台・天文情報公開センター 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: hideo.fukushima@nao.ac.jp

1995年の初夏から稼動している口径 50 cm 「社会教育用公開望遠鏡」は、観望会をはじめ学生の観測実習、研究目的の観測など、幅広い分野において酷使されてきた。臨機応変に使える望遠鏡として、長期間の連続モニタ観測が重要である反面、世界的に観測者が少ない彗星のモニタ観測に大きく貢献している。この望遠鏡による彗星観測の現状と肉眼彗星まで明るくなるという予想がはずれ、それどころか核が崩壊してしまったリニア彗星 (C/1999 S4) の観測ドキュメントを紹介する。

1. 社会教育用公開望遠鏡

国立天文台では、1994年度から、渡部潤一氏が室長を務める広報普及室が新設された¹⁾。それと同時に、「社会教育用公開望遠鏡」という名の口径 50 cm カセグレン式反射望遠鏡を国立天文台三鷹構内に設置することが決まった。広報普及室は、5年間、職員が併任するかたちのまま、正規の部署ではなかったが、1999年度から正式部署として天文情報公開センターが新規に立ち上がった。

私は、この口径 50 cm 望遠鏡の運用と広報関係の業務を行うため、24年間勤務した国立天文台乗鞍コロナ観測所から広報普及室に、1995年4月1日付けで所属が変わることになった。1994年度の後半から、50 cm 望遠鏡の立ち上げ作業を乗鞍コロナ観測所の業務の合間に行い、1995年5月19日にM 51とM 57を観測したのがファーストライトであった。

50 cm 望遠鏡は三鷹光器株式会社製で、光学および機械性能は仕様書通り、完璧といえる完成であった。撮像装置として、イギリス、Astromed社製の液体窒素素式冷却 CCD カメラがあり、6連装のフィルタ・ホイールと共に本格的観測ができるシステムである。ただし、残念ながら、国立天文台(三鷹)の夜空は街明かりによりひじょうに明るく、

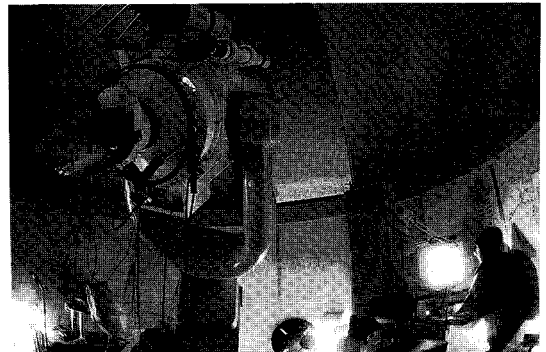


図1 観測中の社会教育用公開望遠鏡

(写真撮影：飯島 裕氏)

仕様

主望遠鏡：口径 50 cm カセグレン式反射望遠鏡 (三鷹光器/口径比 12, 焦点距離 6030 mm, 副鏡移動式フォーカス調整, フォーク式赤道儀)。

同架望遠鏡：補助ガイド用口径 20 cm シュミット・カセグレン式反射望遠鏡 (セレストロン/F10) + 高感度ビデオカメラ, オートガイド用口径 9 cm 屈折望遠鏡 (タカハシ/F11, ED アポクロマート) + 冷却 CCD カメラ (SBIG/ST-6), 分光観測用口径 28 cm シュミット・カセグレン式反射望遠鏡 (セレストロン/F10) + 小型分光器 (SBIG) + 冷却 CCD カメラ (SBIG/ST-8E), 焦点距離 300 mm 望遠レンズ (タムロン/F2.8) + 冷却 CCD カメラ (武藤工業/CV-16)。

撮像用メイン CCD カメラ：Astromed 3200 series (アストロメッド/液体窒素素冷却, 冷却温度 -119°C, 1152 × 770 ピクセル, 22.5 × 22.5 μm/1 ピクセル)。

可視光内で特に短波長側は厳しい観測条件である。唯一、Iバンドのフィルタを使えば、光害の波長域をほとんどカットできるため、シーイングと透明度が良好であれば、露出時間を10分以上かけることで、恒星状天体の限界等級は20等台後半から21等台前半まで達する。Vバンドでは19等後半までである。

口径50 cm「社会教育用公開望遠鏡」は、現在の優先順位で運用している。

- ① 一般市民のための観望会。月2回の定例および年1回の特別公開時、その他臨時に団体も受け入れている。
- ② 学生の観測実習。
- ③ 広報教育用天体画像作成のための観測。
- ④ 研究のための観測。
- ⑤ 観測機器開発のための実験観測。

普段はCCD観測を行える状態にしておき、観望会のときにはCCDカメラをはずし観望用装置と交換している。

2. 太陽系天体観測研究チーム

50 cm望遠鏡の2番目の利用目的である学生の観測実習については、当初、利用申し込みがあまりにも多くなることを恐れていたが、最初の1995年度は、渡部潤一氏が受け入れた東京理科大1人、東北大1人、東京学芸大6人、計8人だけであった。皆、学部生であった。その後も、年に平均5～6人の学生を指導している。学生の観測実習を行うと、当然のことながら観測チームができる。晴れば毎晩のように観測をやっていると、実習生だけではなく、彼等の友人や先輩たちがたくさん訪れた。

このころ、広報用天体画像を得るには困らない、逆に忙しいほどの天体現象が相次いだ。1995年度は、土星の環が見えなくなった現象が4回あり、そのうち2回、冷却CCDカメラでの観測に成功している。さすがにCCD撮像の威力は凄い。環は消えずにかすかに写し撮ることができた。また、

1996年3月下旬には、百武彗星(C/1996 B2)が急速に地球に接近し、60°以上の長大な尾をたなびかせる大彗星となった。約3ヵ月間、50 cm望遠鏡で晴れば欠かさず観測し、彗星核の一部が剥がれたフラグメントや複雑なジェット構造など多くの興味深い現象を捕らえている。

この時期、1994年7月のシューメーカー・レビー第9彗星の木星面衝突(50 cm望遠鏡では、まだ完成前で観測できなかった)から立て続けに起こった太陽系内の大イベントに影響を受けたのか、太陽系天体の観測・研究をやりたいという学生が渡部潤一氏の周りに集まってきた。そして、1996年夏ごろに、従来から関係がある高レベルなアマチュア研究者も含めた20～30人をメンバーとして、太陽系天体観測研究チーム“SWAT”(Solar-system Watching Team, 漢字で書くと「太陽系観測隊」)が結成された。SWATは、50 cm望遠鏡だけではなく、岡山天体物理観測所、木曾観測所や公共天文台など他の観測施設も利用して、活発な研究活動が続けてきた。

引き続き、ハール・ボップ彗星(C/1995 O1)が大彗星となり、この彗星の観測は、発見された当初の1995年8月26日と1996年4月5日から1997年5月18日まで、遠征観測も含め146日間行った²⁾。その他、観測実習と研究用観測を兼ね、大彗星のみならず16～17等級までの暗い彗星もいくつか観測しており、小惑星の光度変化と精測位置観測も行っている。

50 cm望遠鏡は、太陽黒点観測用の口径20 cm屈折赤道儀の近くに地面と同じレベルで仮設置された。そのため、周囲の樹木はある程度は伐採したもの、特に東から北の方角は高度45～40度以下の視界が確保できなかった。この方向の彗星観測と対日照、黄道光観測のため、遠征観測にかけた。山梨県の山中での観測が1回、東京大学理学部天文学教育研究センター木曾観測所の本館屋上を使用させていただいたのが3回、国立天文台乗鞍コロナ観測所の屋外での観測が2回あつ

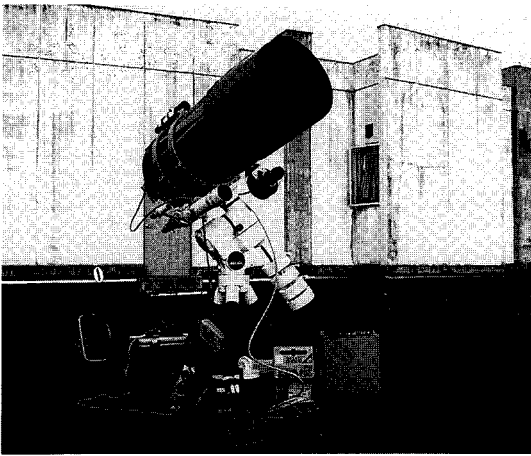


図2 私物の口径 36cm 望遠鏡 (木曾観測所にて)

た。観測装置は、大部分が私物であり、ピクセン株式会社製のアトラクス赤道儀にセレストロン製の C 14 (口径 35.5 cm, F 11, シュミット・カセグレン式反射望遠鏡) と各種カメラレンズをのせ、冷却 CCD カメラは武藤工業株式会社製の CV-16 と SBIG 製の ST-6 を使用した (図 2)。

私は、中学 3 年生の時に口径 15 cm ニュートン式反射望遠鏡を自作し、高校卒業まで、彗星の探索と眼視による光度と形状の観測をしていた天文マニアであった。それがきっかけであるが、ハレー彗星の接近時、1985 年 8 月から再び彗星観測を開始し、本来の業務である太陽観測と平行して数多くの彗星を観測してきた。現在も高校生時代と変わらず、彗星の光度と形状変化 (特にダスト構造) が私の研究テーマである。

広報教育目的の公開画像作成のための観測をしないと、「社会教育用公開望遠鏡」の名を変えろということになりかねない。実は、私本人も、自分の研究観測を優先させたいのはやまやまである。どちらがメイン観測かは、状況により微妙なところはあるが、広報教育目的の観測と画像作りにも力を入れてきた。当然、研究目的で観測した画像も公開している。逆に、広報教育目的で観測した画像が研究用に使える場合もある。50 cm 望遠鏡での

観測が順調となった 1996 年 1 月から現在まで、5 年間で 630 点を超える画像を作成しインターネットおよび公開天文台ネットワーク³⁾で公開している。特に、108 個あるメシエ天体をすべて作品にしようと、3 年がかりで目的を達成した。最近、これらメシエ天体のポスターと名刺セットが完成し、日本天文学会から販売される運びとなった。これも、SWAT メンバーの熱心に観測していただいた学生さんたちのお陰である。

観測チームとして学生といっしょにがんばって観測をしていると、目的の研究以外にも、偶然ながら、いくつかの成果をあげることができた。地球との距離約 45 万 km までひじょうに接近した特異小惑星である 1996 JA1 を 1996 年 5 月 19 日の夕方、西空にて低空まで連続観測に成功。全世界で観測された中でも、最終データとなった。この観測は、観測期間が短い超高速移動天体の難しい軌道決定に大きく貢献している。他に、1996 年 10 月 30 日に銀河 NGC 673 に出現した超新星を観測したところ、同じフィールドに 19 等級の明るさの新しい小惑星を発見した。この小惑星の軌道決定をするための追跡観測中、もう一つ 19 等級の新小惑星を発見。1996 US3 と 1996 VF1 の仮符号を得た。国立天文台三鷹講内の観測で新天体を発見したのは、実に 31 年ぶりのことであった。

3. ひとりでも彗星観測チーム?

ヘール・ボップ彗星の観測が終わった 1997 年夏の時点で、数多くの SWAT メンバーの学生たちのなかで、50 cm 望遠鏡による観測をひとりだけでもできるように完全にマスターしたのは、5 人しかいなかった。それでも、このまま 5 人の観測者がいれば安泰のはずであった。しかし、学生たちは次第に観測から離れる傾向にあった。就職した者もいれば、学部生が大学院に進みいそがしくなったのである。これまでの 1 年半の期間に 50 cm 望遠鏡の観測で得た観測データは膨大なものであり、論文ネタにするには新たに観測をしなくても

表1 ICQ フォーマットの例

C/1999S4(LINEAR)										
IIIIYYmNl	YYYY	MM	DD.DD	eM/mm.m:r	AAA.ATF/xxxx	/dd.ddnDC	/t.ttmANG	*OBSxx		
1999S4	2000	08	01.45	sH 8.8	LA 50.0C12a120	4.5 0	>10.4	m96	FUK02	
1999S4	2000	08	01.46	sV 9.6	LA 50.0C12a120	4.5 0	>10.4	m96	FUK02	
1999S4	2000	08	02.46	sH 9.3	LA 50.0C12a120	4.0 0	> 9.9	m97	FUK02	
1999S4	2000	08	03.45	sH 10.0	LA 50.0C12a120	3.1 0	>10.0	m98	FUK02	
1999S4	2000	08	14.43	IH [15.0	HS 50.0C12a 90				FUK02	

表2 インターネットでのICQ 速報の一部例
Recent Comet Brightness Estimates

アドレス <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/icq/CometMags.html>

COMET C/1999S4(LINEAR)

Total (visual) magnitude and coma-diameter estimates [and tail-length estimates after 2000 July 1]:

2000

- Aug. 30.43, [12.5, — (M. Mattiazzo, Wallaroo, S. Australia, 0.20-m reflector);
- 28.71, —, — (H. Luethen, Tivoli, Namibia, 14-cm Schmidt camera + Technical Pan film; diffuse, elongated structure at limit of detectability);
- 24.70, 11., 2' (H. Luethen, Tivoli, Namibia, 0.50-m reflector);
- 14.43, [15.0, —, — (H. Fukushima, Mitaka, Tokyo, Japan, 0.50-m reflector + CCD + Cousins I filter);
- 7.87, [8.8, ! 2, — (B. H. Granslo, Lanzarote, Canary Islands, 0.07-m refractor);
- 6.89, [8.5, ! 3, — (B. H. Granslo, Lanzarote, Canary Islands, 0.07-m refractor);
- 6.40, 10.0, 2', 5' (M. Mattiazzo, Wallaroo, S. Australia, 0.20-m reflector; moonlight);
- 5.90, [8.5, ! 3, — (B. H. Granslo, Lanzarote, Canary Islands, 0.07-m refractor);
- 5.27, 9.2, 7, — (N. Biver, Mauna-Kea, HI, 7x50 binoculars);
- 4.85, 9.0, 1'.9 (J. Rodriguez, Mallorca, Spain, 0.40-m Schmidt + CCD);
- 4.27, 9.1, 8, — (N. Biver, Mauna-Kea, HI, 7x50 binoculars);
- 3.84, 9.2, 6', — (P. M. Raymundo, Tunis, Tunisia, 1 lx 80 binoculars);
- 3.45, 10.0*, 3.1, > 10' (H. Fukushima, Mitaka, Tokyo, Japan, 0.50-m reflector + CCD + Cousins I filter);

困らない情報量があった。そのためか、その後、指導してきた学生たちは、新たな観測で研究結果を出そうとする者は少なく、1週間程度の観測実習のみで終わってしまった。

1998年9月から1999年11月までの期間は、とうとう、観測を手伝ってくれた学生は1人もいなくなり、観測者は私だけとなった。SWATは健在であったが、50cm望遠鏡の観測チームはなくなったのである。ヘール・ボップ彗星の後は、肉眼彗

星は現れず、明るくても9等級、ほとんどが12等級より暗い彗星が多かった。それでも、当然、彗星のモニタ観測を続けた。そして、たとえ2~3人のメンバーだけでもよいから彗星観測チームができることを願っていた。そこで、彗星観測のおもしろさを学生たちにアピールするため、私自身ががんばらなければならなかった。

普通にモニタ観測だけをやっていたのでは、効果は少ない。観測したら翌日以降早めに、全光度を

測定し、アメリカの Smithsonian 天体物理観測所で運営している ICQ (International Comet Quarterly) への報告を開始した。手っ取り早い一応の観測成果となりえる。表 1 のような ICQ 専用フォーマットで報告する。久万高原天体観測館の中村彰正氏が日本の観測者全体の光度観測報告の取りまとめ役をしているので、報告は、直接ではなく中村氏を経由したほうが望ましい。ICQ は 2~3 ヶ月おきに出版物 (有料) として発行される。なお、インターネットで ICQ の速報が見られ、表 2 にその一部例を示す。これと同じフォーマットのデータとして、後で中村氏から ICQ フォーマットでの報告があることを付け加え、早めに、直接 Daniel W. E. Green 氏宛に e-mail で送れば、採用されるはずである。観測直後に測定をすることは、当然、画像は一次処理を施しているため彗星像をきれいに見ることができ、形状の突発変化や異常があれば、それに気が付く。全世界の観測者、研究者に速報としてアナウンスできる現象の早期発見の可能性が高くなる。ただし、画像の階調表現を微妙に変えながら、注意深くチェックする必要がある。また、計算上の尾の向きも把握していなければならない。その結果、IAU (International Astronomical Union / 国際天文学連合) に報告したのが 5~6 回あり、IAUC (International Astronomical Union Circulars) に採用されたことが 3 回ほどあった。

このころ、50 cm 望遠鏡は、その場所に天文総合情報棟が新築されることになり、1999 年 9~10 月に、グランドの北側端へ移設された。これと夏季の天候不順ため、この年の観測日数は極端に少なくなってしまった。新しい設置場所は、半径 30 m ほどの範囲の樹木を伐採し、ドームの床面を地面から 1.2 m の高さにしたため、前の場所よりは広い視界を確保できている。ただ、北から西方向にかけては背の高い樹木が密集しており、高度 40~30 度以下が観測できない。

リニア彗星 (C/1999 S4) が 1999 年 9 月 27 日に発見され、初期観測から、ひさびさに肉眼彗星

になるだろうと予想された。50 cm 望遠鏡では、1999 年 12 月から、観測を開始した。明るさは、2000 年 7 月下旬に 3~4 等級に達するという予報で、地球からの距離も比較的近いので、ジェット構造の変化やちょっとした突発現象も捕らえることができるのではと期待し、この彗星の観測優先順位を 1 番とした。また、2001 年 5 月まで観測できる見込みがあり、長期間モニタ観測する価値はひじょうに高かった。この彗星の出現のお陰か、50 cm 望遠鏡で一番初めの観測実習を受け、その後 SWAT 観測チームとしてベテラン観測者であった東京学芸大学大学院生の室井恭子さんが再び観測に参加してくれることになった。このリニア彗星の観測結果を修士論文にするためであった。1 人での観測から 2 人での観測チームとして念願の復活であった。その他、室井さんを応援して、同じく初期からのベテラン観測者である大学院生、田辺玲奈さんと木下大輔くんが時々観測に付き合ってくれた。こうして、リニア彗星をメインに観測していると、電気通信大学を卒業して大学院を目指していた中島 崇くんが観測実習と研究をやりたいと申し込んできた。最初は、その時にキャンペーン観測対象であった X 線天体の可視光測光観測など各種天体の観測を行ったが、彗星観測とその研究のおもしろさを説得し、彗星観測に興味を持ってくれた。中島くんが参加し、2000 年 3 月下旬からは観測チームは 3 人のメンバーに成長した。中島くんのやる気は、ものすごいものがあった。生活のためアルバイトをしていたが、観測できた日ほとんどの観測野帳に観測者として記録された。

このころ、50 cm 望遠鏡では、研究のための観測対象は、ほとんど彗星であった。再編成となった観測チームは、彗星観測チームといえる。SWAT に代わるチーム名を考えていた。いくつか案を作ったが、学生たちの評判はよくなかった。2000 年の「彗星夏の学校」で得たアドバイスを参考にして、comet (彗星) に当てはめ、“COMET” と名付けることにした。Comet Observation Mitaka Eager Team

(彗星観測，三鷹の熱心なチーム)である。

まぎらわしいが，名が付いた彗星観測チームは，2000年11月以降，1年間もたたないうちに，またまた1人になってしまったのだ。将来有望な理想的観測者に育った中島くんは残念ながら大学院を諦め就職を選択，室井さんと田辺さんも大学院卒業後の職が決まった。木下くんは3年ほど前からエッジワース・カイパー・ベルト天体のサーベイ関係の研究をしているので，長期にわたる彗星のモニタ観測をやっている暇はないようだ。この原稿を書き終えたら，新たな2人の学生を観測指導することになっているが，今後どうなることやら・・・!!

4. 50cm 望遠鏡による彗星の観測方法

現在使用している液体窒素式冷却 CCD カメラは，6連装のフィルタ・ホイールに，標準測光用として Kron-Cousins system の B, V, R, I バンドのフィルタを組み込んである。全てのバンドで観測したいところであるが，都心から 20 km ほどしか離れていない三鷹市にある国立天文台での夜空は明るい。最近，分光観測をしてわかったが，光害の成分はほとんどが水銀の輝線であり，B バンドと V バンドの短波長側に集中している。その他，蛍光灯や自動車のランプなどによる明かりも多いので，目立った輝線が少ない I バンドでも，スカイ・レベルが高いのはもちろんのことである。B～I バンド間では，短波長ほど光害の影響が大きい。夜空の暗い場所での観測では光害よりも夜天光の影響が大きくなるので，スカイ・レベルは V～R バンドあたりが一番低いのである。しかし，三鷹では I バンドが最も低い。ほんやりしたイメージの彗星の測光観測は，恒星状天体に比べて，全光度が暗いほど，強い光害により観測できる波長帯が大きく限定されてしまう。彗星は高度 10 度以下の低空でも観測することが多い。低空ほど加速度的に街明かりの散乱光が増えるため，彗星の観測条件はひじょうに悪い。彗星の測光観測ができる限界等級(全光度)は，コマの集光の度合いによって異なる

が平均として，高度 30 度以上の透明度とシーイングが良好な条件のもとで，B バンドはおおよそ 13 等級，V と R バンドは 16 等台後半まで，I バンドは 17 等台後半までである。

このような状況では，10 分間ほどの長めの露出時間をかけたとしても，1 フレームだけでは良好な S/N の画像は得られない。また，彗星は，たいていの場合，固有運動が速いので，彗星の移動に合わせて望遠鏡を追尾する必要がある。50 cm 望遠鏡で移動天体の追尾を行うには，24 時間の赤経方向と赤緯方向それぞれの移動量と大気差補正量を合成した計算値をパソコンの赤道儀コントロール・ソフト上で入力して，基本追尾に補正を加えている。オートガイドの機能もあるが，ガイド望遠鏡の口径が小さいことと制御ソフトの問題があり，全光度で約 3～4 等より暗い彗星は彗星自身をオートガイドすることはできないだろう。このため，露出時間が長すぎると，追尾が一時的に不調となる確率が高くなり，失敗してしまう。50 cm 望遠鏡は，赤経方向駆動のウォーム・ギアの 1 回転が 12 分間であり，半回転分の 6 分間の露出までは 70～80% の確率でほぼ完璧な移動天体追尾が成功する。これには，観測中に頻繁に大気差による補正量を計算しなおし変更する必要がある。移動天体の高精度な観測は低空になるほど難しくなってくる。

彗星像の最大ピーク・レベルが飽和しない限り，標準の露出時間は 6 分としている。そして，最低 5 フレーム，できれば 10 フレーム以上の枚数を連続に撮像し，後の画像処理で加算合成あるいはメディアンを採った合成を行うことにより S/N を向上させ，はじめて測光精度が確保できるのである。ただし，長時間観測していると，たくさんの恒星や銀河が彗星のコマや尾と重なって写ることが多い。この対策として，得られた複数フレームをメディアンで合成することにより，各フレームの同じ場所にはない像はほとんど消すことができる。彗星は同じ位置で他の天体は移動して写っているの

C/1999 S4 (LINEAR) の光度変化 [地心距離補正]

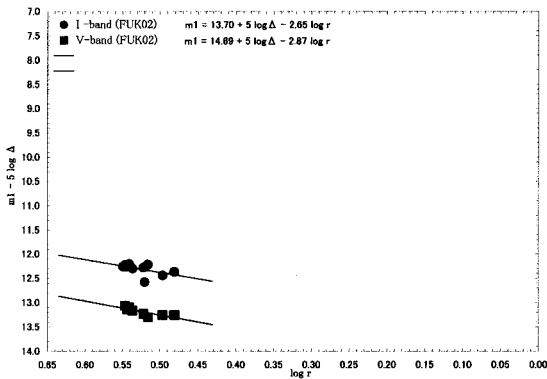


図3 1999年12月7日～2000年1月20日の光度変化

C/1999 S4 (LINEAR) の光度変化 [地心距離補正]

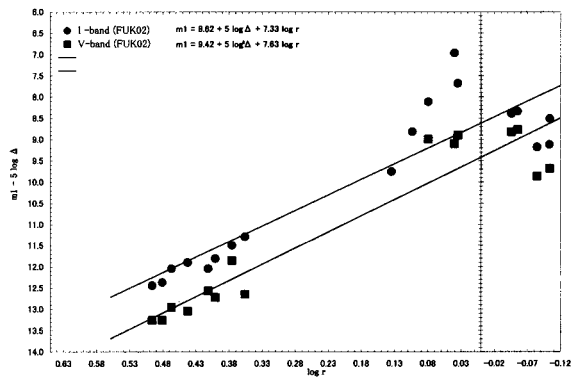


図4 2000年1月28日～2000年7月16日の光度変化

で、測定に邪魔な重なっている恒星像などはあるていど無視することができる。この手法は、これまでの経験では、最低でも8～10以上の数多くのフレームが必要である。なにかと制限、限界があるだろうが、フレーム数が多くなるほど効果が期待できる。また、観測波長はVとIの2つのバンドは必ず撮ることにしている。Vバンドでの観測は、眼視観測に近い波長特性なので、ICQに報告する最適なデータとなる。Iバンドでは、彗星のガス成分の波長はほとんどなくダスト成分のみであることから、私の研究テーマであるダスト構造だけを調べるには最適である。このような観測法では、1つの彗星を観測するのにかなりの時間がかかるため、夕方から朝方まで一晩中観測したとしても、がんばってせいぜい4～5個の彗星しか観測することができない。

日本の彗星観測者は全世界各国と比較して多いほうだが、CCD観測をしているほとんどの方々は、フィルタを使用していない。海外では、次第にフィルタを使っている観測者が増えている。CCDの分光感度特性はかなり広い波長幅であり、たいいていこのCCDはRバンドに最大ピークを持ち、長波長側は1100 nmあたりの近赤外まで感度がある。ICQへの報告では問題ないのかもしれない。それは、眼視観測におけるvisual magnitudeとの差が、Vバン

ドフィルタを使用した結果より少ない傾向にあるようだ。しかしながら、彗星の物理的研究には使えないデータとなってしまう。

測光するためには、標準星を撮像しておかなければならない。標準星としてLandoltの“UBVRI Photometric Standards (Landolt 1992)”を使用している。1つの彗星を観測後、複数フレームを撮っているその真中の高度とほぼ同じ高度のものをカタログから選択し、観測した各バンドの全てのフィルタで撮像する。観測の最後に、バイアスとフラット・フィールドを撮像して終了となる。

次の日に画像処理を施し、光度測定を行う。これらの作業はパソコンで行い、Windowsで動く2～3種のソフトを使用している。彗星と標準星の高度が30度より高ければ、差は僅かであると考えられるものの、高度差で大気吸収による減光の度合いが異なるのは確実なため、低空での観測以外でも、必ず大気吸収の補正を行っている。

光度以外にもコマの視直径と尾の長さとも向きも測定。1夜の観測結果が揃った時点で、ただちにICQへ報告している。1995年9月から現在までに、我々観測チームが観測した彗星の数は34個（観測日数の割には少ない）、観測日数は約290日、220データをICQへ報告した。

C/1999 S4 (LINEAR) の光度変化

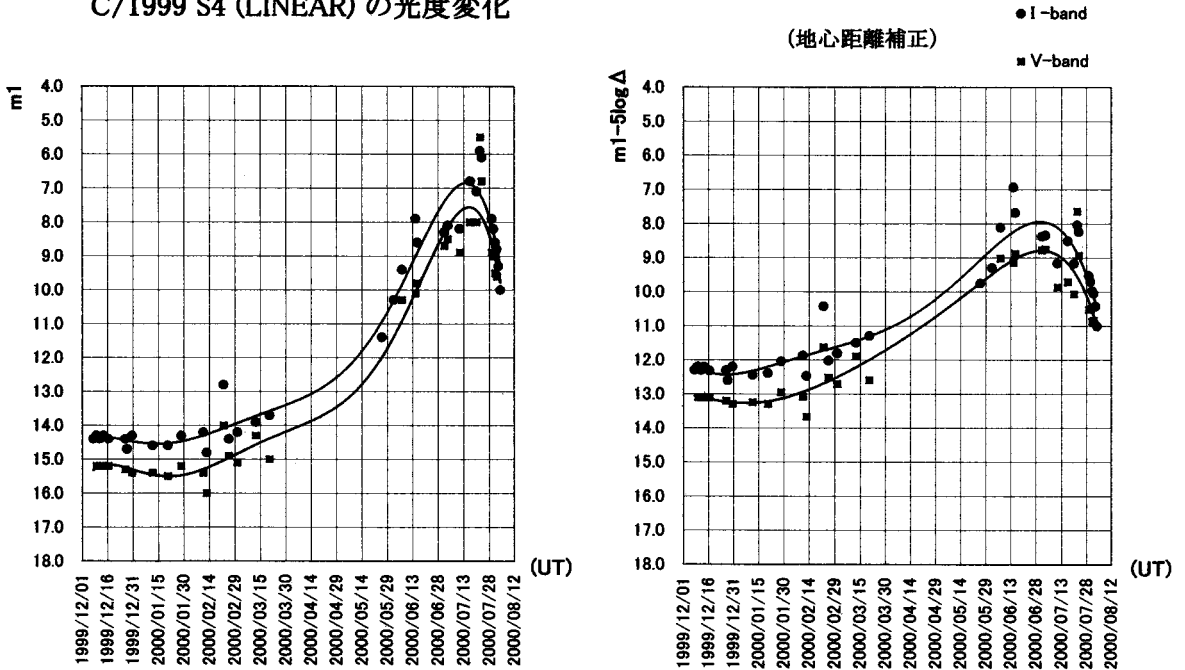


図5 C/1999 S4 (LINEAR) の光度変化

5. リニア彗星 (C/1999 S4) の観測
～ 彗星消失の予言 ～

C/1999 S4 (LINEAR) は、2000年7月26日に近日点を通過し、太陽から距離 0.765AU (天文単位) まで接近、7月22日に地球に距離 0.373 AU まで接近した。それぞれの接近距離はハール・ボップ彗星より近く、核のサイズがかなり小さいと思われ、それほど明るくはならないものの、構造の変化を詳しく観測できそうと期待していた。彗星の光度予報は難しく、当たらないことのほうが多いのだ。

1999年12月7日からモニタ観測を開始、全等級はV等級が15.2、I等級が14.3であった。このころ、地球からの距離は遠ざかりつつあったので、増光の度合いは弱くなるのであろうが、少しは明るさを増すはずであった。しかし、2000年1月20日の観測まで減光し続けている。見掛けの光度変

化だけではなく、地心距離を補正しても減光している。図3は、減光しているこの期間だけをプロットした光度変化である。横軸に日心距離の対数 (log r) をとり、縦軸は地心距離を補正 ($m1-5\log \Delta$) しているので、直線でフィッティングすれば彗星の光度式

$$m1 = m0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$$

の絶対等級 ($m0$) と係数 ($2.5n$) を求めることができる。図4は、増光し始めた2000年1月28日から7月16日までの期間の (log r) と ($m1-5\log \Delta$) の関係のグラフである。図5のグラフは、横軸に日付をとり、全観測データの測定値をプロットしたものである。右側のグラフは地心距離を補正している。興味深いこの減光現象は、日心距離が3.5～3.0 AUで起こっており、ハール・ボップ彗星もまったく同じ日心距離で一時的に減光している。減光の原因はいくつかの説が考えられるが、コマ中のCOやH₂Oがこの日心距離より遠くでは

凍っていて固体だったのが解け、全体として散乱断面積が減少し暗くなったというのが一番もっともらしい⁴⁾。

2000年1月下旬からは再び増光しはじめたが、上昇は鈍かった。この調子では、最大光度は当初の予報を大幅に下回る6等級台に留まってしまう。この彗星にかかる期待がしだいに薄れてきた。3月20日まで夕方の西空で観測でき、その後しばらくは太陽離角が小さく観測不可能となった。

5月25日から明け方北東方向の低空で観測再開。6月に入り観測高度がしだいに高くなり写り具合が良くなってきた。コマの視直径は3分角以上あり大きい。しかし、尾が短い。6分角ほどしかない。すでに見えていてもよいはずのイオンの尾が出ていない。ダストの尾だけであったが、アンチ・テイルがあり、6月1日と6日には反太陽方向のメインの尾より長かった。6月13日に彗星の軌道面を地球が通過した。軌道面に広がっているダストを真横から見る位置関係となり、古くに放出された粒が大きいダストが集中して見えるため、アンチ・テイルが現れたのである。普通は軌道面通過時刻に近いほどアンチ・テイルがより濃くなるのが期待できる。しかし、6月14、15日の観測では、不思議に薄くなってしまった。これは、地球から見た尾の向きが視線方向に近かったためだろう。

明け方の観測になってから、光度は順調に増光していた。6月最初から中旬にかけ、V等級ではそれほどの増光はみられなかったが、I等級が急激に増加している。しかし、その後、7月10日までの間に、地心距離を補正した光度はV、Iともに急減光をしているのだ。近日点通過まで1ヵ月以上あるというのに、これは異常である。インターネットでアマチュアの方々が撮影された数多くの画像を見ていたところ、50 cm 望遠鏡で観測できていない日の撮影で彗星の頭部が四角ばっている画像がいくつかあった。このような形の彗星を過去に観測しているのを思い出した。タイバー (Tabur) 彗星 (C/1996 Q1) である。宇都宮彗星 (C/1997

T1) も四角っぽい形であったが、タイバー彗星は1996年9月、一時的にコマの形状が2本のツノが出ているような顕著な矩形であった。その後1ヵ月以内に核が崩壊し、彗星の姿はコマの集光がなくなり、ダストの尾だけとなりしだいに薄くなりつつ消えてしまった。その他の特徴として、リニア彗星と同じく近日点通過前から急減光している。図6に50 cm 望遠鏡で観測した画像の一部を紹介する。連続変化は、インターネットの国立天文台ホームページの「国立天文台広報普及室が撮影・撮像した画像」の中の「彗星の画像集 (<http://www.nao.ac.jp/pio/Comets/>)」を見ていただきたい。2000年7月最初の時点で、私は、「このリニア彗星もタイバー彗星と同じように消えてなくなってしまうだろう」と予言した。確実な根拠があったわけではない。冗談半分に、渡部潤一氏と学生たちへ口を滑らせてしまっただけである。

7月10日から23日までの観測は、彗星の高度が低く、50 cm 望遠鏡では樹木の陰となり観測できないため、もと50 cm 望遠鏡があった場所に新築された「天文総合情報棟」(ちょうど同じ時期に、天文情報公開センターはこの建物に引越しをした)の屋上で行った。観測装置は前半で紹介した図2の口径36 cmの私物望遠鏡である。フィルタは50 cm 望遠鏡と同じものを使用し、CCDカメラは校費で新たに購入したSBIG製のST-8Eを使った。撮像範囲は、50 cm 望遠鏡より僅かに狭く口径は小さいものの、50 cm 望遠鏡での観測と同等の観測結果が得られている。7月16日には皆既月食が起こり、かなり長時間の皆既継続時間であった。我々彗星観測チームは皆既月食の観測は興味がない。皆既食中には月明かりの影響はなく、リニア彗星の良好な観測ができた。屋上観測は、視界は良い反面風が強く、小型赤道儀ではちょっとした風でブレてしまう。撮像中、2人がかりでタープ・テントのシートを手持ちで張り、風をさえざる努力をした。

これまで、核近傍の構造の変化はほとんどなかったが、このころ、あまり鮮明ではないが、円錐状

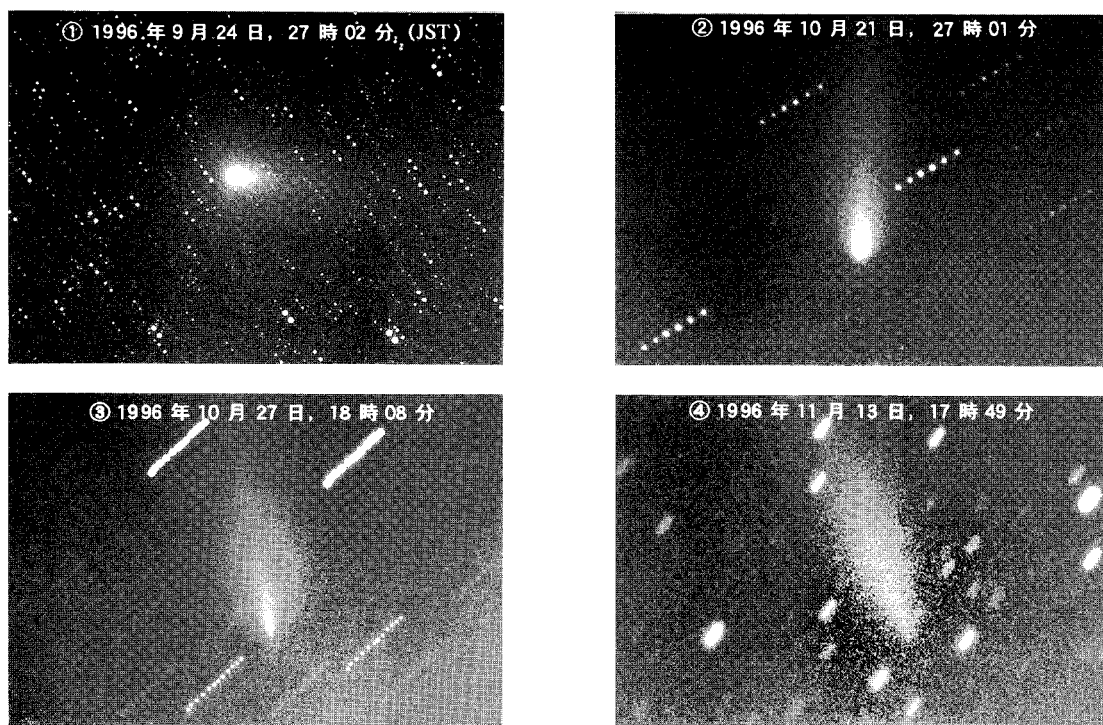


図6 タイバー彗星 (C/1996Q1) の変化 (Iバンド)

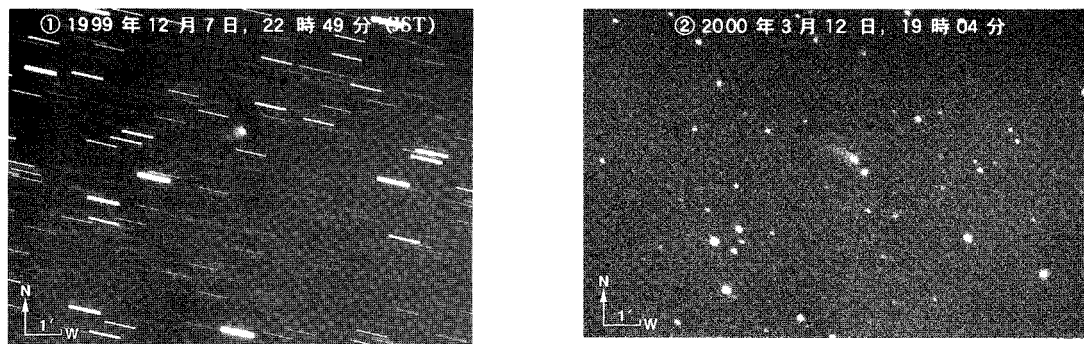


図7 リニア彗星 (C/1999S4) の変化 (Iバンド)

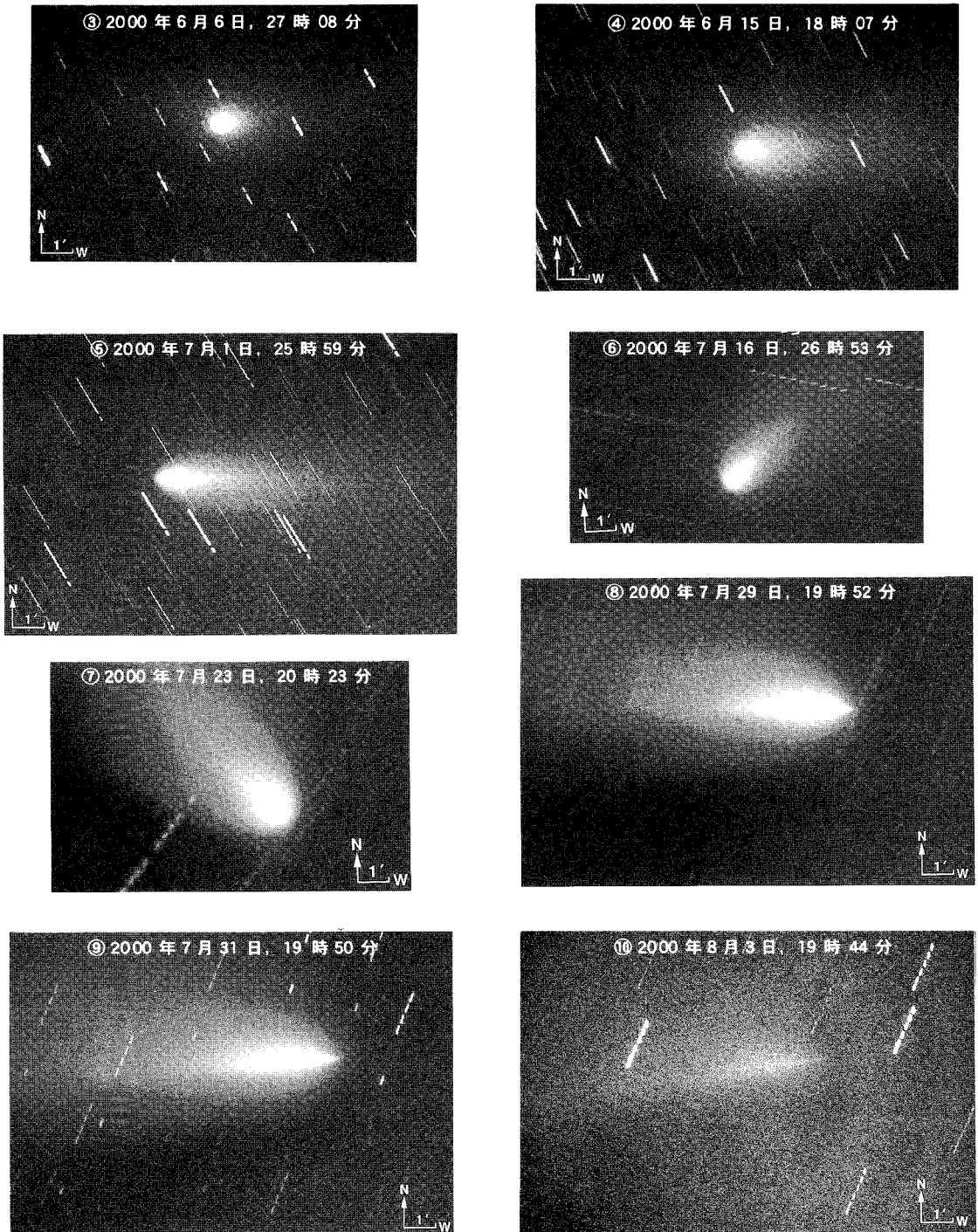


図7 リニア彗星 (C/1999S4) の変化 (Iバンド)

ジェット構造を捕らえている。全光度は、7月20日までは減光していたのが、7月22日は突然増光したのである。20日の測定値と比べ、I等級で1.2等、V等級で2.5等も明るくなっている。しかも、普通はV等級よりI等級のほうが明るいはずであるが、この日の観測だけ逆転している。IよりVバンドのほうが明るいということは、なんらかの突発現象であろうが、一時的に大量のガス成分が核から放出されCNやC₂、C₃の中性分子が明るく発光したのであろう。この時、いっしょに観測していた中島くんに、「消失する前の最後の輝きではないか」と言った覚えがある。この日に、この彗星の最大光度を記録し、V等級5.5、I等級5.9であった。23日には、V、I等級両方とも減光しているが、核近傍の構造の変化に気付いた。コマの集光が核位置より反太陽方向に細長く偏心している様子を捕らえている。

その後5日間は天候が悪く観測できなかった。その間に、なんと、リニア彗星の核はバラバラに崩壊していたのである。7月28日にカナリー諸島にあるラ・パルマ天文台によるプレスリリースにより報じられた。私のいいかげんな予言は当たってしまったのである。この時、悪天候で崩壊の経過を観測できなかった悔しさと早くその姿を観測したい複雑な心境であった。その後の観測は、50cm望遠鏡でかろうじて樹木の上空で可能なことがわかり、本来の望遠鏡にて7月29日～8月3日の6日間、連日の追跡観測に成功。頭部の集光がまったくなく、ダストの尾だけの姿になり、急速に拡散しながら暗くなっている。図7に、最初から最終観測までの中から選択した画像を紹介する。これも、インターネット・ホームページの彗星の画像集にあるのでご覧いただきたい。

その後、リニア彗星は、急速に太陽離角が減少しつつ南天へ移動してしまっただ。現在、リニア彗星の位置は再び北上しており、もし彗星が存在していれば、日本からでも観測できるはずである。しかし、未だに観測報告がない。

6. おわりに

これまで観測してきたデータは、学生の卒業論文や修士論文として役立っている。しかし、50cm望遠鏡の観測結果からは、我々研究者としての論文が1つも出ていない。解析はあるていど進めることができているが、論文まで仕上げるには広報業務と平行しては、なかなか時間が取れないものである。

C/1999 S4 (LINEAR)の核崩壊に関する論文は、現在、SWATメンバーの一部人員で作業が進められている。観測するのみならず、業績をあげることも重要である。しかし、たとえ論文が書けなくても、天文学研究の基本は観測である。

参考文献

- 1) 渡部潤一, 1996, 天文月報, 89, 335.
- 2) 福島英雄他, 1998, 彗星夏の学校集録, P22.
- 3) 尾久土正己, 1995, 天文月報, 88, 79.
- 4) 渡部潤一, 1998, 彗星夏の学校集録, P18.

The observation of comets by the "COMET"!! ～ Disintegrated nucleus of comet LINEAR(C/1999 S4) ～

Hideo FUKUSHIMA

National Astronomical Observatory of Japan 181-8588

Abstract: We, COMET(Comet Observation Mitaka Eager Team), are operating a 50-cm reflector not only for social education open to the public, but also for wide purpose such as students' observation practice and our own researches. The availability of occupying telescope time makes us possible to carry out long-term monitoring observations of comets, which resulted in great contribution to the cometary science. In this article, a present status of our monitoring observation is introduced, together with a short documentary story of comet LINEAR(C/1999 S4), of which nucleus was disintegrated against high expectation of being a naked-eye object.