

# 彗星衝突現象の近赤外観測

## 1. はじめに

1994年7月16日から22日(UT)にかけて、分裂した彗星核(シューメーカー・レビー第9彗星)が木星に次々と衝突した。我々は岡山天体物理観測所で近赤外多目的カメラ OASIS を用いてこの世紀の衝突現象の観測を行った。その結果の一部を速報的に紹介したい。

近赤外波長領域には木星大気に含まれる水素、メタン、アンモニアなどの分子による強い吸収帯が存在する。特に  $2.3\mu\text{m}$  付近のメタンの吸収帯は強い吸収を示し、木星本体の反射能を  $1/1000$  以下にしてしまう。もし、メタンの吸収の影響を受けない高層大気に衝突によって彗星物質が凝結して塵の雲ができれば、太陽光を散乱して暗い木星本体に対して輝いて見えるだろうというのが我々の予想であった。衝突直前にカルフォルニア工科大学で衝突現象の詳細なシミュレーションを行っていた高田淑子さんから衝突直後に形成される plume が木星のリムからイオの火山の噴火のように見えるでしょうという電子メールが届き、plume の観測にも期待が高まった。

衝突前後の天候は例年ならば梅雨末期であり観測条件は極めて悪いのであるが、梅雨明けが早く連日の晴天に恵まれた。おかげで予定されていた日程全部を消化することができた。分裂した C, D, K 核の衝突による plume, そしてそれらを含む衝突痕を見事にとらえることに成功した。

## 2. 衝突 plume の観測

我々の観測できた衝突 plume は、C, D, K 核である。特に日本では最初の7月17日のC核の衝突は日本時間の午後4時台の観測であり、完全に昼間の観測であった。C核の衝突は直前にいくつかのフィルターでテストした結果、 $2.35\mu\text{m}$  のメ

タンバンドが最も青空の中での観測に適していた。図1がC核衝突の光度曲線である。衝突による発光のトータルフラックスを衛星エウロパとの比で示したものである。C核は、木星の1自転前に最初の衝突があったA核の痕跡の近くに衝突した。このA核の痕跡と合わせた光度となっている。ピークのころは、検出器が飽和してしまい正しい値となっていない。観測中には気がつかなかったが大きなピークの前に小さな第1ピークが見られる。

D核の衝突はC核と同じ日であり、C核の経験から予めNDフィルターをセットして観測に望んだ。しかし、D核の衝突による発光は弱く、わずかに数分で我々の視界から消えてしまった。衝突前のSL9が彗星であったころの画像を見る限りC核とD核は同規模の核のように思えたが、組成に違いがあつて衝突現象に違いが見られたのだろうか。

日本で見られた最大規模の衝突は7月19日のK核であった。C, D核衝突時の経験から全光度曲線をとらえるためにNDフィルターを必要に応じて交換する体制で挑んだ。図2はK核衝突の光度曲線で、衛星イオとの比になっている。観測の

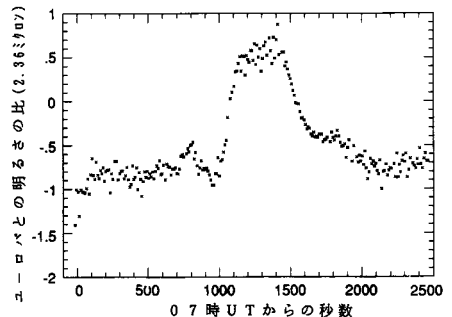


図1 C核衝突の光度曲線( $2.35\mu\text{m}$ )、エウロパとの相対値

現場でも大きなピークの前の10時25分(UT)ごろに小さなピークがあることに気がついた。データの処理を進めていくと、さらに10時24分ごろにも小さいピークが検出された。この最初の発光がガリレオ探査機のグループが公開したK核衝突の発光とほぼ一致した時刻であるのが興味深い。裏側で起こった突入時の発光が大気中での屈折等で表側にも漏れてきたのか、詳しいことはわからない。最後に大きな発光が10分程度継続し、K核の場合は、 $2.35\ \mu\text{m}$ でイオの32倍の輝きであった。IAUC等に報告された他の核についての観測でも2-6分前に小さな発光が認められているものが多い。

	時刻(7月19日 UT)	相対光度
1st peak	10時24分12秒	0.037
2nd peak	10時25分26秒	0.24
3rd peak	10時38分37秒	32

表1 K核衝突の3つのピーク

最後の大きな発光については、ハッブル宇宙望遠鏡がとらえたA核やG核のplumeの発達過程とほぼ継続時間が一致することなどから、plumeからの発光(熱放射、太陽光の散乱を含んだもの)と考えられる。その前の小さな発光についてはまだ原因がよくわかっていない。モデル計算によると、衝撃波(shock front)とそれに続くdebris frontの時間差は数秒であり、我々の観測の時間

分解能では分離することはできない<sup>1)</sup>。また、plumeが観測可能なレベルまで上昇するまでに1-2分程度であり<sup>1),2)</sup>、5分も遅れてplumeが発達しはじめるというのは予想外の現象であった。衝突現象の詳細は、今後様々な波長で行われた観測の結果を総合して解明されることだろう。

### 3. 衝突痕跡の観測

衝突の痕跡は、衝突地点が自転によって我々の視界に入ってくると同時に見え始めた。可視光では木星面のどの模様よりも暗く見え、近赤外の分子吸収帯の波長では明るい斑点として見えた。G、K、L核などの大型の衝突痕跡は大赤斑にも匹敵する大きさであった。公開されたハッブル宇宙望遠鏡の画像では、飛散した物質が核の突入方向に吹き返すように物質が広がっている。イオのアルベドを基準にして得られた衝突痕の $2.3\ \mu\text{m}$ におけるアルベドは、 $2-8 \times 10^{-3}$ 程度である。このアルベドを太陽光の散乱として説明するためには痕跡の雲頂は少なくとも10 mbarより上空の成層圏にあると推定できる。痕跡が衝突地点から、5000-10000 km以上も広がっていることから、弾道軌道的に広がったとすると10 km/s以上の放出速度が必要となる。これは、2 kmの核が衝突した場合のガスの広がる速度に一致する<sup>3)</sup>。

筆者らは衝突前に彗星の主成分であろう氷の雲

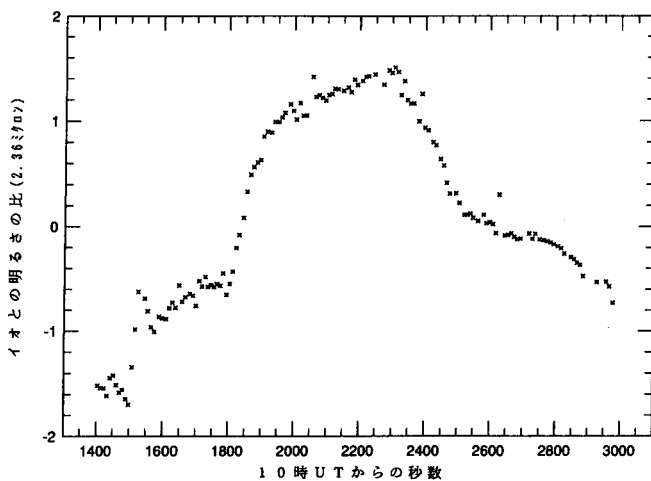


図2 K核衝突の光度曲線( $2.35\ \mu\text{m}$ )。イオとの相対値

の予測をしていたが<sup>4)</sup>、その予想は外れ、氷よりもっと反射能の低い粒子の雲が形成された。衝突直後の痕跡の分光観測からは、鉄やマグネシウム、ナトリウム、珪素などの元素の輝線が確認されている。これらは彗星核に含まれた塵が起源となっているのだろう。また同時にアンモニア、メタンなどの輝線も検出されている。これらはおそらく大気下部から巻き上げられた木星大気起源のものだろう。また硫化水素を始めとする硫黄の化合物も検出された。硫黄は木星大気で存在が予測されていてこれまで見つかっていなかった元素である。今回、彗星の衝突によって下層の大気が上層まで巻き上げられたために検出されたのだろう。

衝突の痕跡を形成する固体粒子は上記の分光的に見つかった彗星起源、木星起源の元素、分子を含む物質から構成されているのだろう。衝突直後は解放されたエネルギーで高温のガスの塊となったものが上空で広がるにつれて、断熱冷却、放射冷却によって急速に温度が下がり、凝結し塵を形成したのだろう。粒子の組成、サイズ、量などの推定については、測光データから現在解析中である。

この痕跡は、大気力学的な拡散効果や粒子の落下により、雲の頂上の高度が下がり、光学的にも薄くなり、散乱光強度は次第に弱くなっていくだろう。いつまで成層圏に滞留するかを見届けることは、こうした天体の衝突が過去の地球大気に与えた影響を知る上で重要だろう。

長谷川 均 (株アステック)

### 参 考 文 献

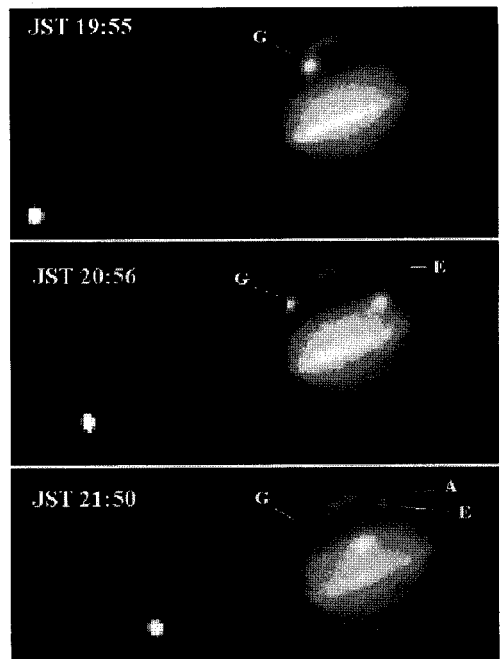
- 1) Boslough, M. B., Crawford, D. A., Robinson, A. C., and Trucano, T. G., 1994, *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 1555-1558.
- 2) Takata, T., O'Keefe, J. D., Ahrens, T. J., and Orton, G. S., 1994, *Icarus*, **109**, 3-19.
- 3) Ahrens, T. J., Takata, T., and O'Keefe, J. D., 1994, *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 1551-1553.
- 4) Hasegawa, H., Takeuchi, S., and Watanabe, J., 1994, *Planet. Space Sci.*, **41**, 791-795.

## Near-Infrared Observation of Cometary Impact Phenomena

Hitoshi HASEGAWA

ASTECC, Inc., Tokyo

Abstract: Near-Infrared imaging observations of the impacts of Periodic Comet Shoemaker-Levy 9 are briefly reported. We observed impact flashes from the fragments of C, D, and K, and precursor events were detected at the impacts of C and K. After the impact, large bright spots, whose cloud tops were located higher than 10 mbar pressure level, were formed. Some implications of the impact phenomena are discussed.



国立天文台岡山天体物理観測所 188 cm 反射望遠鏡＋近赤外線カメラ「OASIS」が捉えた A, E, G の衝突痕跡の自転による移動。左側の衛星はイオ、赤道付近の斑点は大赤斑。