

SL9 彗星の木星衝突と電波観測

シューメーカー・レビー第9彗星 (SL9 彗星) の分裂核は1994年7月16日から7月22日にかけて木星に衝突した。彗星核の衝突が木星のシンクロトロン放射とデカメートル放射に及ぼした影響について、電子メールやIAUテレグラムで速報された情報を基に考えてみよう。

まず、シンクロトロン放射成分について簡単にまとめておこう。木星磁場によりドーナツ状の領域(放射線帯)にとらえられた高エネルギー電子によってシンクロトロン放射が起こる。シンクロトロン放射はデシメートル波帯で観測され、図1に影で示したように、木星の赤道半径の3倍程度までの領域にとらえられた相対論的電子から放射されている。放射周波数は、磁場の強度と電子の持つエネルギーによって決定される。放射領域における磁場の強さ(0.2-2 Gauss)から電子のエネルギーを見積ると、例えば1000 MHz(波長30 cm)の放射の場合、10-30 MeV程度のエネルギーの電子からの放射を観測していることになる。シンクロトロン放射は電子の運動方向にビーム状に放射される。20 MeVの電子の場合、ビームの幅は3°程度である。主に磁気赤道付近にとらえられた電子からの放射を観測しているので、観測者が木星磁気赤道面に来たときに電波は最も強く受信される。木星の自転軸に対して磁気ダイポールの軸は約10°傾いており、通常でも約5時間の周期で強度が10%程度変動する。このような時間変化のカーブはビーミング・カーブと呼ばれている。

さて、衝突前には次のようなことが起こると考えられていた。SL9彗星によって磁気圏には多量のダスト(塵)が持ち込まれる。高エネルギー電子がダスト粒子と衝突すると、運動エネルギーを失う。電子の運動エネルギーが減少すると、それだけシンクロトロン放射の強度は低下する。また、電子のエネルギー分布が変化すると、電波スペク

トルの形の変化が起こる。量的な見積りにはダストの個数密度など不確定な要素が含まれており、観測で検出できる程度の減少になるかどうかは必ずしも明らかではなかったが、シンクロトロン放射の強度は減少するだろうというのが一般的な見方であった。

実際には、まったく予期しない観測結果となった。シンクロトロン放射の強度は増大したのである。オーストラリアのモロングロ観測所では波長36 cmで50%程度、フランスのナンセイでは波長9 cm, 18 cm, 21 cmで10~50%、アメリカのグリーンバンクでは波長20 cmで約20%、JPLでは波長13 cmで20~30%など、いずれもSL9彗星衝突の期間にシンクロトロン放射が増大したことを速報している。また、アメリカのVLAによる高分解能での強度分布観測では、分布が急激に変化する現象が観測されたようだ。また、ビーミング・カーブの変化も報告されている。どの観測周波数でも増大が報告されていることを考えると、高エネルギー電子が増加したものと推測される。このことは、衝突前に予想されなかった現象によって10 MeVのオーダーの高エネルギー電子がシンクロトロン放射領域に供給されたことを意味している。電子はどこから供給されたのか、また、どのような加速機構がはたらいたのか。これらの疑問について今後検討がなされるだろうが、大気との衝突自体と関連があると考えるのが自然であろう。衝突場所(地理的緯度で約44°)とシンクロトロン放射の領域は磁力線によって結ばれている(図1参照)。衝突によって、高エネルギー電子ができたとすると、磁力線に沿って容易に放射領域へと導かれる。

シンクロトロン放射観測の取りまとめを行っているカリフォルニア大学バークレイ校のde Paterに電子メールで最新の結果を問い合わせ

みたところ(9月下旬), 彼女からの返事はきわめて短いものだった。“IAU テレグラムの中で述べたように, 7月16日から7月22日にかけて20~30%の強度の増加があった。衝突がきっかけとなって起こった電子密度の増加や電子のエネルギー増加などが原因に違いない。データを解析中で, これ以上今は何も言えることはない。強度分布も変わったし, ビーミング・カーブも変化した。”と, 思いがけない観測結果に少なからず当惑しているようすが文面から感じられた。

次に, デカメートル放射について述べる。デカメートル波帯では, 継続時間が1時間程度で突発的に起こる放射(ストーム)が観測される。ストームの発生確率は木星の中央子午線経度と衛星イオの位置と関連している。ストームは, 衛星イオに関連する成分と関連しない成分に分類されている。イオは電離層を持っており, イオと木星磁場の相対運動が原因となり, 磁力線を介して木星電離層との間に電流系をつくる。流れる電流は500万アンペア程度にもなる。この電流系と関連して

電子が加速され, 加速された電子によって木星の近くで電波放射が発生すると考えられている。イオと関連しない成分の場合には, 木星オーロラ上空の磁力線沿いに流れる電流が関連していると考えられる。放射周波数は, 電子サイクロトロン周波数に近い。また, 電波が磁場に対してある角度の方向に(つまり, 磁場方向を軸とする円錐面に沿って)放射されると考えると, 観測される現象が良く説明される(図1参照)。発生機構としてはサイクロトロン・メーザー機構が考えられているが, まだ定説とはいえない状況にある。

衝突前には, 彗星の持つプラズマやダストが木星の回転磁場と相互作用することにより, 木星電離層との間にどの程度の電流を流し得るかが見積られた^{3),4),5)}。電流系ができる可能性は示されたが, 量的にはパラメーターに強く依存し, 通常観測される電波放射に関連する電流と比べて必ずしも大きいとはいえなかった。電波放射が起こったとしても通常の放射よりもかなり弱い可能性があり, 地上からの観測でとらえるのは難しいかもしれないというのが私の印象であった。

フロリダ大学の Reyes が取りまとめ役となり, 世界的なネットワークのもとにデカメートル波の観測が行われた。アメリカのグループが, フロリダ, カリフォルニア, そしてチリで観測を行い, オーストラリアでは, カルグーラ, タスマニア島で観測が行われた。中国ではシンシャン, フランスではナンセイで観測が行われ, 日本では通信総合研究所(近藤, 徳丸, 五十嵐), 東北大学(大家, 森岡), 高知高専(今井), 西はりま天文台(前田, 時政, 黒田)で観測が行われた。観測装置に違いはあったが, ほぼ連続的に木星の監視観測が行われた。日本のグループは電子メールによる観測情報の交換を試み, 貴重な経験をした。

西はりま天文台における観測の状況を述べてみよう。昼間から夕方にかけての観測であったため, 大気中の放電, 人工の混信等が電離層に反射されて入って来る。強度だけの観測ではとても木星電

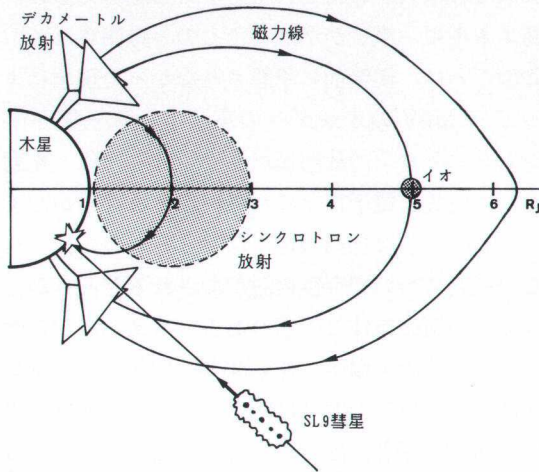


図1 木星電波放射についての概念図。地球から高分解能で観測したとき, シンクロトロン放射が強く観測される領域を影で示す。デカメートル放射は, 極地方で発生し, 磁力線を軸とする円錐面に沿って放射されると考えられている。SL9彗星は, 南半球の南緯44°あたりに衝突した。

波を見分けることは難しいと予想されたので、我々は、偏波計、干渉計、スペクトル計での観測も行い、総合的に木星かどうかの判断を行うことにした。低周波数での観測の場合、アンテナの指向性があまり鋭くないので、何か信号が受かれればすべて木星と考えるわけには行かない。7月17日には通常のイオ関連成分を検出したが、後にほぼ同時帯にカルグーラでもこの放射が観測されていることがわかり、木星からであることが確定となった。7月18日に、G核衝突の約30分前に木星に似た強度変動を示す左回り偏波の信号を22.2 MHzで受信した。中国でも26 MHzでまったく同じ時間帯に受信したという電子メールが送られてきたので、木星の確率が高いと判断し西はりま天文台でも受かった旨、電子メールで流した。その後の解析で、西はりま天文台で受信したのは22.2 MHz付近の狭帯域の信号とわかった。木星からは狭帯域の放射が起こることがあるので、カルグーラに照会するなど検討を進めている。また、G核衝突の35分後に30-36 MHzで広帯域信号を受信した。周波数範囲やスペクトルの形が太陽バーストに類似していること、カルグーラから受信したという報告がなされていないことなどから、今のところ木星からの放射ではないと判断しているが、念のためカルグーラに問い合わせている。

フロリダ大学のReyesのもとに集められた情報によると、現在のところ、明らかに彗星衝突に関連すると考えられるデカメートル放射は1例も報告されていない。また、通常観測される成分に対しても、特別な影響はなかったと考えられる。いくつか衝突との関連が検討されているものがあるが、全体的にみれば、SL9彗星の衝突はデカメートル放射に対してあまり大きな影響を及ぼさなかったようだ。

以上、速報された情報を基に、SL9彗星の木星衝突が電波放射にどのような影響を及ぼしたかについて考察した。電波観測の結果から考えると、

SL9彗星が直接磁気圏に及ぼした影響はそれほど大きくなかったようだが、大気との衝突においては、高エネルギー電子を発生させるなど、予想以上に爆発的な現象を引き起こしたようだ。他の爆発的天体現象の解明に役立つような情報が得られる可能性もあるので、今後の研究の進展を期待して見守りたい。

前田 耕一郎 (兵庫医大)

参 考 文 献

- 1) de Pater, I., 1994, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 1071.
- 2) Dessler, A. J., and T. W. Hill, 1994, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 1043.
- 3) Bolin, O., and N. Brenning, 1994, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 1063.
- 4) Farrell, W. M., M. L. Kaiser, M. D. Desch, and R. J. MacDowall, 1994, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 1067.
- 5) Ip, W. H., and R. Prange, 1994, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 1051.

Comet SL9-Jupiter Impacts and Radio Observations

Koitiro MAEDA

Department of Physics, Hyogo College of Medicine

Abstract: Radio observations during the period of the comet SL9-Jupiter impacts are discussed on the basis of the e-mail reports and the IAU telegrams. An unexpected increase in the synchrotron-radiation intensity seems to imply that the high energy (>10 MeV) electrons were produced in association with the comet impacts. No definite effect of the comet impacts on the decametric radiation was observed.

☆

☆

☆

☆