

衝突現象の予測と惑星科学における SL9 の意義

天体間の“衝突”は太陽系生成における重要なプロセスである。にもかかわらず“衝突”現象観測そのものは、月面など、惑星・衛星の表層に存在する“クレーター”や、衝突の繰り返しによって形成されたと考えられる小惑星などの間接的なものにとどまっていた。そこで、今回の SL9 の木星への衝突は、人類が史上初めて天体間の衝突を観測できる機会をえたという意味で、惑星科学に大きな意義をもたらした。

世紀の天体ショーとなった SL9 衝突にむけて、私たちカリフォルニア工科大学の地球物理衝撃波グループでは、衝突の1年前より、数値シミュレーションを利用した衝突現象の予測にとりくんできた^{1),2),3)}。地球上、さらに宇宙空間に存在する全ての天体観測機器が、木星にむけられる。そこで、観測は可能かどうか、もし可能であれば、何をどういった波長で観測するのかというのが、主な目的であった。

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) という手法を使用し、(1)彗星核の突入、(2)その後、大気爆発の2つの過程を3次元にて数値シミュレーションした(図1)。

彗星核が約直径2 kmの水できているとすると、彗星核は、木星大気に突入し、未だに観測されていないアンモニア雲より深い大気まで到達すると予測された。また、その後のエネルギーの大気への変換により、ブルームが成長し、約2000 K、直径数千 kmの大気のかたまりが、約3000 kmにまで上昇するという結果がえられ、地上からはUV、可視光、赤外線領域でのブルームの観測が有効であると結論づけられた。

さて、1994年7月の16日より、ぞくぞくと各地から、衝突、あるいは衝突痕の観測の報告がなされ“予測どおり”の嬉しい結果となった。現在詳細な観測結果が報告されつつあり、まだ、結論づ

けるには“プレリミナリー”な段階であることを踏まえた上で、問題提議として2つのことを考えたい。第1は、彗星の物理量—サイズ、エネルギーである。SL9 衝突以前、母天体の核の大きさは、約1 km~10 kmと、エネルギー量で、1000倍も違う予測がなされていた。それにより衝突のスケールも変化する。そこで、私達の数値シミュレーションの結果と、実際の観測結果、特に赤外線領域における放射強度⁴⁾やブルームの高さ⁵⁾などを比較することから、彗星核のサイズを逆算することを試みた。すると、G核は直径約2 km、R核は直径約1.5 km(密度1 g/m³と仮定)母天体の直径は約4 kmと、衝突前の予測サイズ域のほぼ中間の値を得る。

最後に、彗星、木星の大気の化学組成は、未だに解釈の違いが残るところである。プレリミナリーな観測結果では、約数十分間カイパー航空天文台はメタンの1000倍の量の水を観測し⁶⁾、また、ハッブル宇宙望遠鏡は、金属イオンも検出し⁷⁾、さらに一酸化炭素も検出されている⁸⁾。

ここで問題となるのは、(1)彗星の起源と(2)木星内部大気である。(1)は彗星が、小惑星起源のいわゆる隕石のような物質であるのか彗星起源の水などの揮発性成分に富む物質であるかということである。コンドライトという隕石は、水を10%近く含んでいるものもある。またメタル元素も両者に含まれるため、現在のところ軍配はあがらない。また、木星内部にも、水の雲が存在すると思われる。そのため木星大気のメタンと水から大量の一酸化炭素を合成し、さらに木星内部大気中の水がブルーム内部に存在したとき考えられる。

SL9の木星への衝突に関しては、未だに、研究材量が山と積まれている状況にある。しかしSL9の消滅が惑星科学に与えた一番重要なことは、太陽系生成以来46億年たった現在においても、実

は、天体間の衝突がひんぱんに起こっており、惑星の環境を序々に変化させ、さらに惑星淘汰の道をたどっているということを、実際に証明したことではないだろうか。

高田淑子 (地質調査所)

参 考 文 献

- 1) Takata, T. J., et al 1994, Icarus **109**, 3
- 2) Ahrens T. J., et al., 1994, Geophys. Res. Lett. **21**, 1087
- 3) Ahrens, T. J., et al., 1994, Geophys. Res. Lett. **21**, 1511
- 4) Orton, G. S., et al., 1994 Science, submitted
- 5) Hammel, H. B., et al., 1994 Science, submitted
- 6) Rjoraker G. L., at al., 1994, The 26 th annual DPS meeting abstract, 6
- 7) Noll. K. S., at al., 1994, The 26 th annual DPS meeting abstract, 5
- 8) Meadow, V., et al., 1994 The 26 th annual DPS meeting abstract, 8

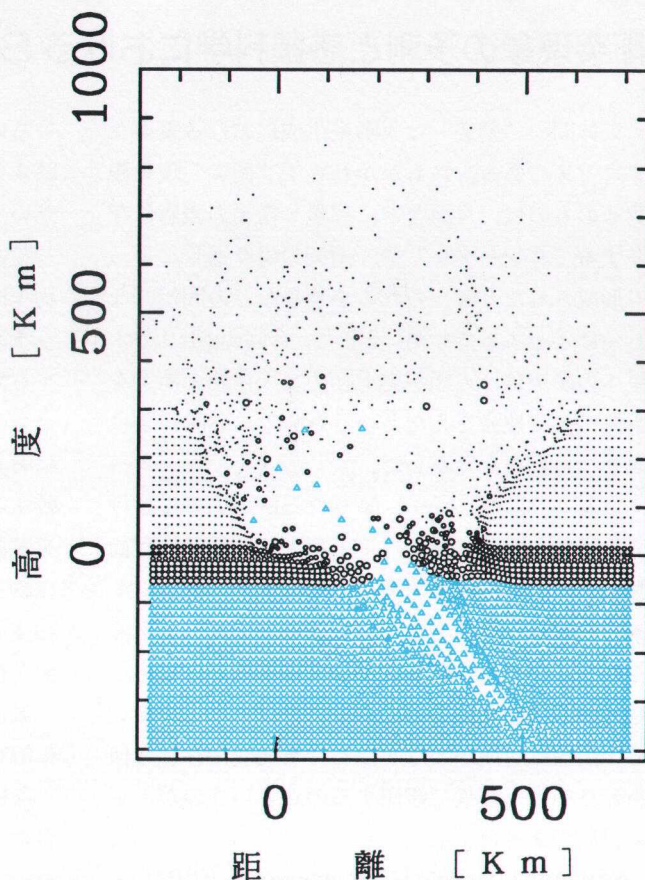


図1 衝突後、約2分後のプルーム代表。SPHシミュレーションによる・は、アンモニア雲より上部の大気、○はアンモニア雲、△は硫黄を含む大気、△は水などを含むと考えられている大気を示す。惑星内部大気はプルーム内において、中心部にのみひろがり、プルームの冷却が進むにつれてダストの成長によりプルーム外より観測されにくい可能性もある。

Numerical Simulation of Shoemaker-Levy 9 Impact and Interpretation of the Observational Phenomena

Toshiko TAKATA

Geological Survey of Japan, Higashi 1-1-3, Tsukuba, 305 Japan

Abstract : SL9 impact impressed on us the frequency of impacts between planetary bodies in the solar system, since this is the first time for human-beings to observe the impact phenomena between planetary bodies.

Three-dimensional numerical simulations are conducted to investigate the entry of a cometary fragment

and the induced plume evolution. Results show that the body penetrates deeper than Jovian cloud decks and the plume reaches 3300 ± 700 km altitude in the case of the impact of 2 km-size fragment. Results of numerical simulations are compared with plume heights observed by HST and with the energy flux obtained by IRTF. The size of the parent body is, then, estimated to be ~ 4 km in diameter. The detection of plenty of H_2O , CO, and S by KAO, AAT, and HST implies the deep penetration of fragments as predicted in our simulations.