

シューメイカー・レビー彗星と木星との衝突シミュレーション

1. はじめに

7月17日は天文学者のみならず、一般の人にとっても非常に興味ある日であった。かく言う私も天文学者ではない。天文学者でない我々が、専門家をさしおいて、ここでしゃしゃり出てくるのを苦々しく思われる方もいらっしゃるかもしれないが、我々の印象では天文学者はこうした素人が気軽に仲間に加わることに寛容なようである。もともと、いわゆる天文ファンなどというアマチュアを相手にしてきたせいかもしれないし、そんな小さいことにこだわらないスケールのことについて携わってきたせいかもしれない。

まず、私と今回の事件がどうして結び付いたのか、ちょっと述べさせてもらおう。私は、元々レーザー核融合を専門とし、そのコンピュータシミュレーションを生業としていた。面白いことに、レーザー核融合では物理のあらゆる分野の現象が起こる。たとえば、超強磁場生成、X線、超高密度、流体现象、核反応、原子過程、超高速電子、電磁波、非線形現象など数え上げればきりが無い。こう並べてみると、どんな分野にもどれか一つくらいは共通するものがありそうである。我々は、レーザー核融合に現われるこうした現象をシミュレーションするために、計算手法を新たに開発する必要があったわけである。そこで、開発してきた計算手法が現在、色々な分野で使われ始めている。この一例については、すでに物理学会誌の解説¹⁾で紹介した。今回の彗星と木星との衝突も実を言えば、この計算手法の比較的やさしい例題にすぎないのである。

1994年の4月までは、彗星が衝突するなどということさえ知らなかった私に、ある時サイファー社の工藤氏が、私の手法のデモンストレーションに彗星衝突をやってはとちかけてきたのが最初

である。私は、「なんだそれは？」ということで、何でも相談するときの頼みの綱である立教大学・天文の柴崎先生に早速電話した。柴崎先生とは中性子星の磁場生成で論文と一緒に書いて以来の仲であるので、気軽に何でも相談出来るからである。柴崎先生は、東大・地球惑星の寺沢先生に声をかけてくださり、共同研究が始まったのである..

寺沢先生は私が大阪大学でレーザー核融合をやっていた時代の昔から我々の計算法を知っていたため、話は速かった。東大・地質の佐々木先生、東大・地球惑星の阿部先生、東大・天文の小林先生のアドバイスを受けながら、計算を始めたのが5月中旬。

そうしたところへ、私の友人の中国科学院の張教授がたまたま別の用で群馬大に一ヶ月滞在するためにやってきた。彼は数値流体の専門家であり、中国の南京天文台から彗星衝突のシミュレーションを頼まれたのだが、私のところへくるから出来ないと断ってきたばかりだと言う。あまりのタイミングの良さに二人で驚くばかりであった。

2. 衝突シミュレーション

こうして計算をやり始めると、他の先発のアメリカグループの計算結果を次々に知らされることになり、もうあまり面白味がなくなってきたかな……と少し氣勢がそがれてしまった。それでも、いずれ日本の観測データがでたときには、必ず日本でのシミュレーションが必要になる、と励まされ約一ヶ月で計算を終了。ところが、実際計算をやってみると、意外に他の人たちと異なった結果になってしまった²⁾。紙面の関係上ここでその違いを議論することはできないので、詳細は物理学会誌の記事³⁾を見ていただくことにし、ここでは、我々の結果だけを説明することにしよう。

我々は、彗星を理想気体、水、氷の三つの場合

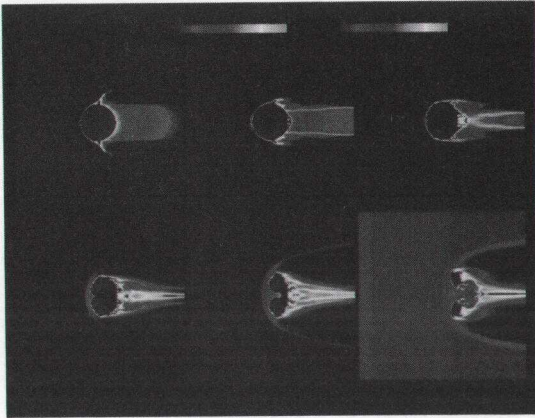


図1 彗星に氷の状態方程式を用いた計算の密度の等高線。時刻は上より右へ0.48, 0.96, 1.44, 1.92, 2.4, 2.88秒後のプロファイルでそのときの木星の大気の圧力は0.49, 0.95, 1.86, 3.6, 7.1, 13.9気圧である。

で計算を繰り返し、図1のような結果を得た。細かい違いは別にして、彗星はどの物性（固くても柔らかくても）の場合でも、ほとんど同じように分裂し、同程度の深さでエネルギーを解放するという結果を得た。

木星大気の動圧によって力を受けた彗星は氷であるため縮むことができず、表面に波が立つことによってその影響を横に逃がしている。この波が引き千切られて表面が剥がれて行き、次第に彗星が痩せ細って行く。これは、水を平手でバシッと叩いてみると水飛沫が上がることから想像できる。一方、彗星を圧縮しやすい物質だとすると、スポンジを叩いたときのように、表面波が出ずに圧縮されるだけである。

次第に高い気圧の領域に行くと、動圧で彗星の先頭が凹んでくる。この凹みは円錐状をしているので、円錐の円の方から頂点の方へと大気が流れ込み、そこに集中する。こうして、凹みはますます増大し、そこから彗星に穴があく。この穴から流れ出る大気の噴流によって彗星の残りの部分が引き千切られ粉々になる。

ここで、注目してもらいたいのは、我々以外の他のすべての計算がスーパーコンピュータを用いたものであることだ。我々は、これのわずか100分の一のスピードしかないワークステーションで上記の結果を出した。それでも、スーパーコンピュータの結果とほとんど変わらないかそれより良い解像度を得ている。これこそ、計算手法の勝利と言えよう。核融合学会誌の解説でも述べているように⁴⁾、二次元の計算だと x, y, t の三方向の計算量があるので、一方向に3倍少ない計算量で済む計算法を開発すれば、 $33=27$ 倍速く計算できる。三次元では $34=81$ 倍にもなる。これからも、何故ワークステーションでスーパーコンピュータ並みの計算ができたのかわかるであろう。現在も爆発過程のシミュレーションを続行中である。結果を乞うご期待。

矢部 孝 (群馬大学)

参考文献

- 1) 矢部 孝：日本物理学会誌 **47** (1992) 18.
- 2) T. Yabe, F. Xiao, D. L. Zhang, S. Sasaki, Y. Abe, N. Kobayashi and T. Terasawa: *J. Geomag. and Geoelec.* **46** (1994) 657.
- 3) 矢部 孝：日本物理学会誌 **49** (1994) 909.
- 4) 矢部 孝：プラズマ核融合学会誌 **70** (1994) 640.

Simulation of Comet Shoemaker-Levy 9 Entering Jovian Atmosphere

Takashi YABE

Department of Electronic Engineering, Gunma University

Abstract: SL9 entering Jovian atmosphere was simulated by the CIP method that can simultaneously solve solid, liquid and gas. Calculation of melting, evaporation and break-up processes of the comet was made possible even on a small-size workstation, and details of the processes were shown to be sensitive to the equation of state of the comet.