

小惑星の‘ニアミス’現象

太陽系には、9個の惑星以外に無数ともいえる小惑星が存在している。現在では、軌道が確定しているものだけでも5千個を越え、その数は増加の一途をたどっている。それでは、これらの小惑星は互いにどのくらい接近するのだろうか。また、恐竜絶滅を説明する説として小惑星衝突説があるが、実際、小惑星はどの程度惑星に接近するのであろうか。多数の小惑星の同時軌道計算により、このような小惑星の‘ニアミス’現象の特性が明らかになってきた。

1. 小惑星の分布と力学

一般にいわれているように、大部分の小惑星は火星と木星軌道の間が存在している(図1)。ただし、小惑星の中には水星軌道の内側にまで入り込むものもあるし、逆に海王星軌道付近にまで達するものもある。小惑星は、太陽系全体に広がって存在しているといえる。

現在、5千個以上の小惑星の軌道が確定しているが、その軌道の分布は決してランダムなものではない。小惑星の軌道要素の分布の中に見られる特徴としては、

- a. カークウッド・ギャップ、
- b. 群(トロヤ群、チューレ群、ヒルダ群)、
- c. 族(ファミリー)

が有名である。aとbは‘共鳴’という現象に関連した特徴である。ここでいう共鳴とは、木星と小惑星の公転周期の比が簡単な整数比になっている状態のことを指すが、このような共鳴状態にあると小惑星は非常に複雑な運動をする場合が多い。またcは、軌道長半径・離心率・軌道傾斜角が似た値を持つ小惑星の集団で、このような集団のいくつかは同じ起源をもつ小惑星の集まりではないか

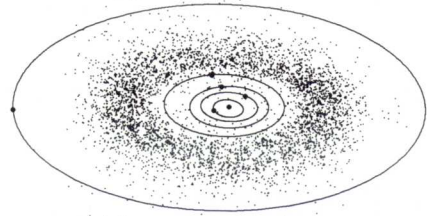


図1 1993年1月1日の小惑星の分布。楕円は内側から水・金・地・火・木の軌道を示す。

と考えられている。この他にも、永年共鳴とか特異小惑星の運動など、力学的な立場からみても小惑星には興味深い現象が多く存在している。

2. ‘ニアミス’現象の解析

さて、これだけたくさん小惑星が発見されてくると、「小惑星どうしてぶつかることはないのだろうか?」という素朴な疑問が浮かんでくる。今までの小惑星の運動に関する研究というと、いろいろな軌道にある個々の小惑星の運動について長期間解析するという研究が主流であった。そこで我々(吉川真・中村士)は、期間は短いながらも多くの小惑星について同時に軌道計算し、互いにどの程度接近するのかをモニターするという解析を行なうことにした。

ここでは、確定番号がついた小惑星のうち4506個についてその運動を現在から未来へ約130年間計算した。計算には、9つの惑星の摂動に加えて小惑星間の重力相互作用も考慮した。つまり、ここでは太陽-惑星(9個)-小惑星(4506個)の4516体問題の計算を行っている。(この他に、質量を無視した人工天体を小惑星帯に置いてその運動も調べている。)

軌道計算は、0.2日刻みの数値積分で行った。数値積分の各ステップにおいて天体間の距離を計算するが、そのとき天体どうしが特に接近した場合にそれらの天体の位置と速度を出力することでニアミスをモニターした。ここでは、小惑星どうし

の場合は0.01天体単位(AU)以内、また小惑星と地球型惑星(水星・金星・地球・火星)では0.2AU以内、そして小惑星とその他の惑星では1AU以内に接近した場合を‘ニアミス’と呼び、データを出力することにした。

3.小惑星は衝突するか?

ここでの解析は、1990年11月5日から2122年4月7日までの約130年にわたるものであるが、この間に小惑星-小惑星および小惑星-惑星のニアミスは合計12,923回起こっている。表1に示すようにこれらのニアミスの大部分は小惑星の間で起こったものであるが、水星から火星までの惑星へのニアミスは計算期間内で200回から300回程度起こっている。また、木星へは1度だけ0.8AUまで接近したニアミスがあった。

表1には、ニアミスの最接近距離も示してある。この値を見る限りでは、計算した小惑星が近い未来に惑星に衝突することはない。ちなみに地球への最接近距離は0.007AU程度であり、当分の間は軌道がわかっている小惑星の衝突を心配する必要はない。

それでは、小惑星どうしの衝突はどうだろうか。図2に、小惑星どうしのニアミスの最接近距離の分布を示す。この分布を外挿してみることで、小惑星どうしの衝突確率を大ざっぱに知ることができる。たとえば、最接近距離が100kmとなるニアミス回数は、1年間当たり約 10^{-7} 回程度であるこ

表1 ニアミスの頻度と最接近距離。小惑星-小惑星の場合は0.01AU以内、また小惑星と水・金・地・火の場合は0.2AU以内に近づいたニアミスの1年当たりの平均の回数および計算期間内の最接近距離を示す。

ニアミス		回数	最接近距離
小惑星	- 小惑星	90.6/年	0.0001 AU
小惑星	- 水星	1.7	0.0318
小惑星	- 金星	2.0	0.0084
小惑星	- 地球	2.3	0.0066
小惑星	- 火星	1.7	0.0224

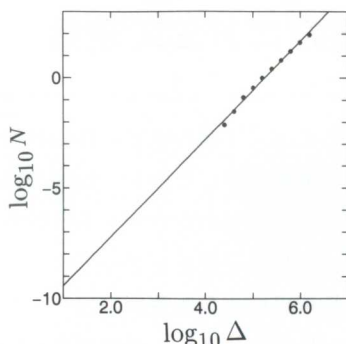


図2 小惑星どうしのニアミスにおける最接近距離の頻度分布。横軸は接近距離(Δkm)を示し、縦軸にはその距離以内に近づいたニアミスの1年当たりの平均の回数(N)を示す。(●は計算結果、直線は最小2乗フィットしたもの。)

とがわかる。つまり、もし小惑星の直径が100km程度ならば、衝突は1千万年に1度の割合で起こることになる。ここで計算した小惑星の直径は数十kmのものが大部分であると考えられるから、これらの小惑星どうしが衝突する確率はおおよそ1億年に1度程度と見積もられる。

また、ニアミスのデータを整理してみると何度も同じ小惑星どうしがニアミスを起こしたり、1つの小惑星が何回もニアミスを起こす場合もあることがわかった。このような特殊なケースについては、今後さらに解析をする必要がある。また、今回の計算結果を用いて、普通は無視されることが多い小惑星どうしの重力相互作用の効果についても現在解析を進めている。

4. 小惑星という存在

普段は誰も気にもしていないような小さな存在である小惑星も、太陽系の起源や進化の謎を解くための重要な手がかりを秘めている。小惑星の物理的な観測はもちろんのこと、力学的な解析でもまだまだ興味深いことが多く見いだされつつある。今後、小惑星探査が本格的に行われるようになり、我々の太陽系についての知識が飛躍的に増大することを期待したい。

吉川 真(通信総研)