

# 太陽系の小天体

## ～地球近傍小天体について～

金光研究室 瀬尾 和秀

### 1. 序論

太陽系には数十万個の天体が存在している。その天体の中で、太陽の周りをまわる天体のうち、惑星と準惑星を除くすべての天体のことを総称して太陽系小天体と呼び、小惑星、彗星、太陽系外縁天体、惑星間塵がこれに該当する。

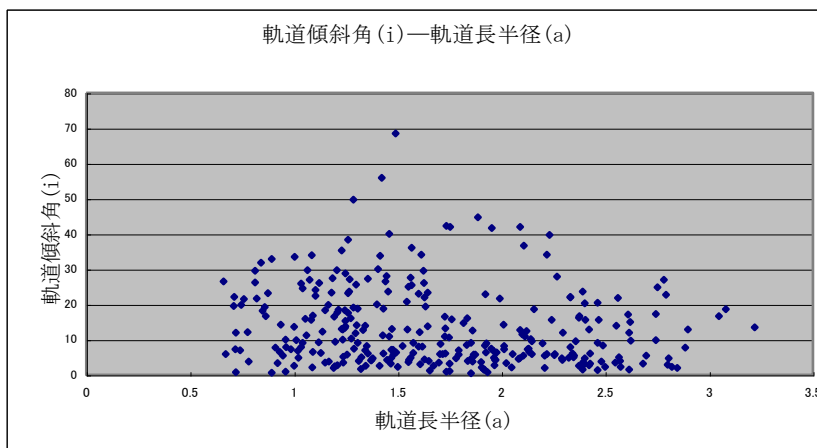
なかでも、日に日に発見され総数を増やしている天体は、地球近傍小天体 (Near Earth Object =NEO) である。地球近傍小天体とは、小惑星の中で地球軌道の内側にまで入り込んでくる地球に危険な地球近傍小惑星 (NEA) と地球に衝突する可能性のある彗星と併せたものである。データによると、次の 100 年間に地球に衝突する可能性のある地球近傍小天体の数は約 100 個と推定され、発見されているものが約 5 万個となっている。

そこで、本研究では、地球近傍小天体の軌道長半径、軌道傾斜角、離心率の関係や地球に落下するときの分布を検証してみる。

### 2. 地球近傍小天体の軌道長半径 (a)、軌道傾斜角 (i)、離心率 (e)

(1) 地球近傍小天体の軌道長半径 (a) と軌道傾斜角 (i) の関係

図. I : 軌道長半径 (a) と軌道傾斜角 (i) の関係



軌道長半径 (a) : 天体の楕円軌道において長軸の長さの半分である。(図. II)

軌道傾斜角 (i) : 太陽を周回する天体においては黄道面と軌道面がなす角度である。ただし、惑星を周回する天体においては惑星の赤道面と軌道面がなす角度である。順行軌道では  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  となるように指定する。

図. II : 軌道長半径

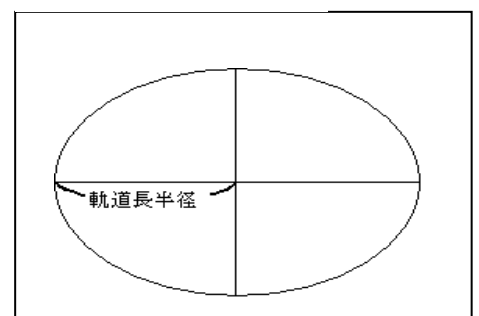


図. I は、地球近傍小天体をランダムに 300 個選択し、その軌道長半径( $a$ )と軌道傾斜角( $i$ )の関係をグラフで示したものである。図. I から分かったことは次の 2 つである。

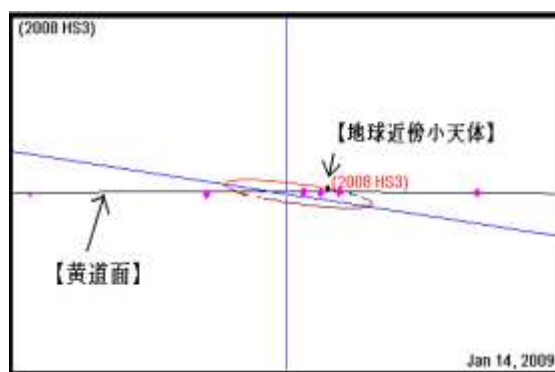
①	地球近傍小天体の軌道傾斜角( $i$ )は、 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の範囲に集中し、軌道傾斜角( $i$ )の増加につれて個数は減少している。
②	地球近傍小天体の軌道長半径( $a$ )は、0.5 以下、3.5 以上の範囲には一つもない。

まず、①、②のようになったのは、小天体が太陽系を形成した物質の残物と考えられているので、その軌道傾斜角( $i$ )と軌道長半径( $a$ )が地球などの惑星とほぼ同じになっているものが多いと考えられる。このとき、①で述べたように軌道傾斜角( $i$ )が $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$  と小さいものの、軌道傾斜角( $i$ )がずれている要因としては、『木星の重力』と『天体同士の衝突』、『彗星』が考えられる。今回本研究のデータとして使用した

『現在、確認されている地球近傍小天体』は、大半が元々は木星・火星間の小天体なので、多くは、はじめ黄道面にあったものが木星の重力により引き寄せられ、軌道傾斜角( $i$ )を変えたと考えられる。また、軌道傾斜角( $i$ )が  $20^{\circ}$  以上に大きなものは、太陽系形成期には、もっと多く存在していたと考えられるが、現在は淘汰されてあまり残っていないと考えられる。ここで、軌道傾斜角( $i$ )が大きいものの中には、彗星が含まれているとも考えられる。

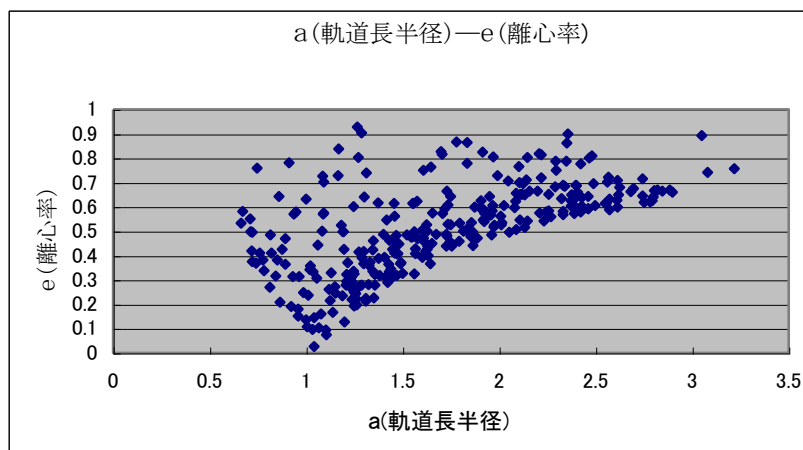
次に、②で述べたように、軌道長半径( $a$ )が 0.5 以下、3.5 以上の地球近傍小天体がないのは、地球軌道を横切るという定義から排除されたものだと考えられる。

図. III : 地球近傍小天体の軌道(2008 HS3 の例)



## (2) 離心率( $e$ )と 軌道長半径( $a$ )の関係

図. III : 離心率( $e$ )と 軌道長半径( $a$ )の関係



離心率( $e$ ):  $a$  を楕円の長半径 (長径の半分)、 $b$  を短半径 (短径の半分) として

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad \rightarrow \text{となる}$$

離心率の定義から分かるように、円軌道は離心率が0である。

図. IIIは、地球近傍小天体をランダムに 300 個選択し、その天体の離心率( $e$ )と軌道長半径( $a$ )との関係をグラフで示したものである。図. IIIから分かったことは次のことである。

①	地球近傍小天体の軌道長半径( $a$ )は、0.5 以下、3.5 以上の範囲には一つもない。
②	離心率( $e$ )が大きくなるにつれて、小天体の個数が少なくなっている。
③	軌道長半径( $a$ )が大きくなるにつれて、離心率( $e$ )が大きくなっている。

まず一つ目に、①のようになっている要因は、(1)の②と同じだと考えられる。

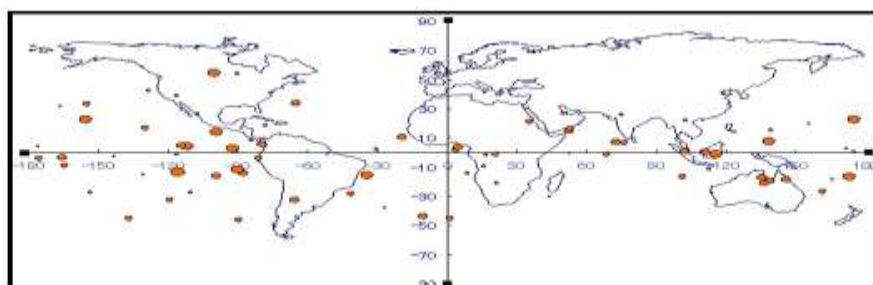
二つ目に、②のようになっている要因は、離心率が大きくなることで円軌道から楕円軌道になっていくため、木星など惑星の重力による影響を大きく受けすぎること、天体同士の衝突や地球に接近する前に太陽に向かってしまうなど、そうした天体は長期安定して軌道を保てず淘汰されてしまったからだと考えられる。

三つ目に、③のようになっている要因は、軌道長半径( $a$ )が大きくなると地球からの距離は遠くなるので、地球に接近することができないためだと考えられる。これより、軌道長半径( $a$ )が大きい範囲では離心率が大きく、逆に地球に近い軌道長半径( $a$ )の範囲では、離心率が小さくなっていると考えられる。

### 3. 地球近接小天体が地球に隕石として落下した場合の大きさと分布

地球には今まで長い時間をかけて多くの隕石が落ちていると考えられる。しかし、クレーターは風化によって確認できないことが多いと考えられる。そこで、地球近接小天体が地球に隕石として落下した分布はどのようになるかシミュレーションをした。

図. IV: 地球近接小天体が地球に隕石として落下した場合の隕石の大きさと分布



まず、図. IVを作成する上で考慮した点は次の2つがある。

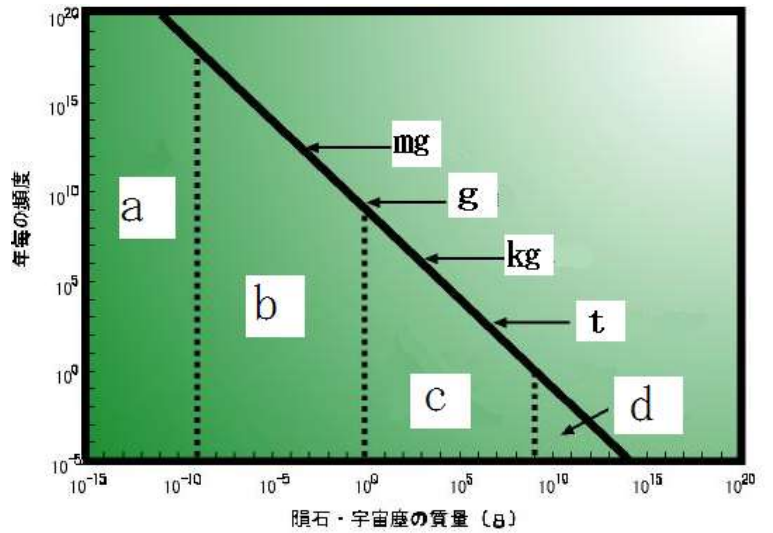
①	赤道付近に多く落下すると考え乱数を発生させる。
②	隕石の大きさは小さいものが多く落ちると仮定し、乱数を発生させる。

①ように考慮した理由は、(1)で考えたように地球近傍小天体の軌道傾斜角( $i$ )は小さく黄道面に近い部分に多く分布しているからである。また、大きさに関しては、右図(図. V:隕石宇宙塵の質量(g)と毎年頻度)を参考にして小さい隕石が多くなるように乱数を発生させた。

(図. Vについて)

- a 宇宙塵
- b マイクロ隕石
- c クレーターを作らない隕石
- d クレーターを作る隕石

図. V : 隕石宇宙塵の質量(g)と毎年頻度



#### 4. 考察

今回の研究で、作成した『地球近接小天体隕石として落下した場合の隕石の大きさと頻当性を調べるために月のクレーター324個の『月のクレーターの分布』と比較するにとった。このようにした理由は、月は地球に近い天体なので地球と似た分布をとると考える。しかし、結果としては、図. VIのようクレーターの分布はなっており、若干の偏りは $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の付近が多いということにはならなかった。この理由としては、

- ① A 月には地球と違い大気がないため、太陽系初期の軌道傾斜角が大きい隕石によるクレーターが風化せずに残っている可能性があること
- B そのように古いクレーターと新しいクレーターの区別が付きにくいものが多いこと
- ② 月形成初期の火山の噴火によるものを含んでいる可能性があること

が考えられる。

図. VI : 月面のクレーターの分布

