

## アイソン彗星 (C/2012 S1 (ISON)) からの流星群出現の可能性の検討

佐藤 幹哉\*

An examination of the possibility about the appearance of the meteor storm  
from comet ISON (C/2012 S1)

Mikiya Sato\*

2012年9月に発見されたアイソン彗星 (C/2012 S1 (ISON)) は、2013年に太陽と接近し大彗星となることが期待されている。この彗星の軌道は、地球へも比較的接近している。そこで、長周期の彗星軌道を仮定して、一回帰のダスト・トレイルの分布についてシミュレーション計算を実施した。その結果、ダスト・トレイルと地球軌道は0.0081 AU、また地球自体は0.0095 AUまでしか接近しないことが判明した。彗星のその後の位置観測からは、双曲線軌道であるとの報告もあり、ダスト・トレイル自体が存在しない可能性が高まった。これらを総合すると、アイソン彗星を起源とする流星群の出現する可能性はほとんどないものと推測された。

## 1. イントロダクション

## 1-1 アイソン彗星の概略

アイソン彗星 (C/2012 S1 (ISON)) は、2012年9月21日にベラルーシの Vitali Nevski とロシアの Artyom Novichonok によって発見された新彗星である。彼らは、the International Scientific Optical Network (ISON) の40cm望遠鏡(ロシア)を使用して発見した。その後、この彗星は国際天文学連合の電報中央局 (CBAT) によってアイソン彗星 (COMET ISON) と命名された。また2012年9月後半に発見された1つ目の彗星であり「C/2012 S1」という仮符号が付与されている。発見時の等級は約19等であった (Novski V. et al. 2012)。

発見時の彗星の位置は、地球から約6.74AU(天文単位)の遠方であった。太陽からも約6.29AUと離れている。これは、木星軌道よりもはるか外側にあたる。彗星は、このような遠方にも関わらず約19等という等級で観測されたため、近日点通過(太陽への最接近)の前後で明るくなることが予想される。太陽へは、約0.012AUと非常に接近する軌道であり(1-2にて後述)、その前後ではマイナス10等級より明るい大彗星となって見られることが期待され、注目を浴びている彗星である。

## 1-2 アイソン彗星の軌道

アイソン彗星の軌道要素を表1に示す。

この彗星軌道の最大の特徴は、太陽へ大変接近することである。近日点距離は約0.012AUで、これは太陽半

表1 アイソン彗星の軌道要素

軌道要素	
近日点通過 (T)	2013 Nov 28.85733 TT
近日点距離 (q) [AU]	0.0124998
離心率 (e)	1.0
近日点引数 ( $\omega$ ) [°]	345.50879
昇交点黄経 ( $\Omega$ ) [°]	295.74340
軌道傾斜 (i) [°]	61.82170
Sato H. 2012 による	

\*川崎市青少年科学館(かわさき宙と緑の科学館)

\* Kawasaki Municipal Science Museum

径のわずか約2.7倍である。1965年に発見され、やはり太陽に大接近して大彗星となったイケヤ・セキ彗星 (C/1965 S1 (Ikeya-Seki)) の近日点距離は0.0078AUであったが、アイソン彗星はこの1.6倍程度まで接近することになる。太陽接近時には、彗星からの水などの昇華が爆発的に起こり、ガス成分やダストが大量に噴出されることが予想される。

また、彗星軌道は、地球にも接近する軌道であることが判明した。一般的な彗星の場合、地球軌道との接近の指標には、昇交点または降交点における地球軌道との距離、すなわち地球軌道面(黄道面)上の距離を使用するケースが多い。アイソン彗星は降交点が地球軌道と接近しており、その地点の地球軌道との距離は0.198AUである。しかしながら、この彗星の場合は、近日点距離が大変小さい軌道を描くため、降交点と比べて太陽から遠い位置で地球とさらに接近しており、その距離は0.027AUである。

なお、離心率は1.0であり、彗星軌道は太陽に一度しか接近しない放物線軌道である。しかしながら、初期の段階では、離心率が0.999999964という非常に長周期ながら楕円軌道を描く軌道であるとの報告もあった (Burhonov O. et al. 2012)。このような離心率を示す場合には、過去に太陽に接近した彗星であることを示すことになる。

## 1-3 長周期彗星のダスト・トレイルと流星の出現

多くの場合、流星群を形成するのは、その流星物質(ダスト)の放出源である母天体が短周期彗星の場合である。一方で、近年の軌道解析からは周期が数百年を超えるような長周期の彗星からも、流星群が形成されることが判明してきた。代表的なものとして、キース彗星(C/1911 N1 (Kies)) を母天体とする「ぎょしゃ座流星群」が挙げられる。この母天体は、周期が約2000年程度の公転周期を持つ長周期彗星である。観測されたのは1911年の回帰時一回のみであるが、その2000年前頃にも太陽に接近していることが計算されている。そのときに彗星がダストを放出していると仮定し、このダストが形成す

るダストの帯、すなわちダスト・トレイルの分布を計算すると、その一回帰目となるダスト・トレイルが 1935 年、1986 年、1994 年及び 2007 年などで地球軌道と交差していることが判明した (Sato M. 2007, Jenniskens P. & Vaubaillon J. 2007)。これらの年で、確かにぎょしゃ座流星群が出現しており、周期約 2000 年という長周期彗星を起源とする流星群の出現が確かめられている。

アイソン彗星の場合は、前述の通り離心率が 1.0 の放物線軌道である。放物線軌道の彗星は、過去に太陽に接近していないため、ダスト・トレイルを形成せず流星群が形成されない。しかしながら、初期の彗星の位置観測から求められた軌道には誤差が含まれており、今後の観測次第で長周期彗星であることが判明する可能性もある。この場合には、ダスト・トレイルを形成して流星群を伴う可能性が生じる。

またこの彗星は、地球軌道と比較的接近する軌道を持っていることが判明している。一般的なケースでは 0.005~0.01AU 程度よりも地球軌道に近づくと、流星群として流星が出現する可能性が生じる。現在のアイソン彗星軌道の地球軌道との接近距離は 0.027 AU と、流星群出現の観点からは若干遠目である。しかしながらダスト・トレイルの分布次第では、さらに地球軌道に接近する部分が出てくる可能性は大きい。

そこで本研究では、アイソン彗星の軌道を長周期軌道であると仮定して現在の軌道からさかのぼり、その当時に放出されたダストが形成するダスト・トレイル分布を計算することとした。そして、この接近距離等の条件をもとに、アイソン彗星を起源とする流星群の出現の可能性を検討することを研究の目的とした。

## 2. 研究手法

### 2-1 軌道について

もととなる軌道要素は、原則として表 1 に示した各軌道要素の値を使用した。しかしながら、この軌道要素では離心率が 1.0 であり、放物線軌道となってしまう。そこで本研究では離心率のみ値を 0.9999 と仮定して計算を行った。この場合の彗星の公転周期は、約 1400 年である。

### 2-2 シミュレーション計算

まずは前項の仮定に基づき、前回帰の際の軌道要素を計算した。

この結果に基づき、前回帰の近日点通過時からダスト (流星体) を放出し、ダスト・トレイルの位置のシミュレーション計算を実施した。これには、最も単純なダスト・トレイルモデルの手法を用いた。母天体からのダストの放出時期は、近日点通過時に 1 回とした。ダストの放出方向は、近日点における母天体の運動方向及びその

表 2 仮定した前回帰の軌道要素

軌道要素	
近日点通過 (T)	658 Feb 5.33781 TT
近日点距離 (q) [AU]	0.012577
離心率 (e)	0.99991
近日点引数 ( $\omega$ ) [°]	345.43726
昇交点黄経 ( $\Omega$ ) [°]	295.97294
軌道傾斜 (i) [°]	60.88381

反対方向とした。そして、2000 年から 2060 年に地球軌道に接近する一回帰ダスト・トレイルの分布を求めた。

摂動計算には、8 惑星、冥王星、3 小惑星 (ケレス・パラス・ベスタ)、月の重力を考慮した。なお、太陽の光圧の影響は考慮していない。数値計算には、Integrat (Project Pluto 2009) を使用した。

## 3. 結果

### 3-1 前回帰の仮定軌道

離心率を 0.9999 と仮定した場合の前回帰の軌道要素を表 2 に示した。近日点通過は 658 年 2 月 5 日となり、来年 (2013 年) の回帰までに要する周期は、約 1355 年という長周期軌道が仮定された。表 1 と比較すると、離心率以外のその他の軌道要素は、あまり変化していない安定した軌道である。

### 3-2 一回帰ダスト・トレイル分布

次に一回帰ダスト・トレイルの分布の結果を示す。まずは、ダスト・トレイルの降交点通過における日心距離 (R) と、通過時刻 (T) との関係を図 1 に示した。

この結果、ダスト・トレイルの降交点の位置は、全て地球軌道の内側に分布することが判明した。最も地球軌道に近いのは 2038 年 10 月であり、このときの降交点の日心距離は 0.916 AU であった。

またダスト・トレイルの降交点は、周期的に地球軌道に近い側に移動することがわかる。すなわち、2003 年、2015 年、2026 年、2038 年及び 2050 年にはその日心距離が約 0.9 AU となり、地球軌道に接近傾向となる。この周期は約 12 年であり、木星の公転周期 (11.86 年) とほぼ一致する。これらの年に回帰するダストは、近日点通過のおよそ 10 カ月前に木星に接近している。したがって、ダスト・トレイル分布は、木星からの摂動の影響を約 12 年おきに受けていることが判明した。

同様に、2006 年と 2036 年にも、前述ほどではないが、ダスト・トレイルの降交点が地球軌道側に若干接近する。また、ダストが回帰する 2 年 5 カ月前に土星と接近している。こちらは土星 (公転周期: 29.53 年) からの摂動の影響で接近することが判明した。

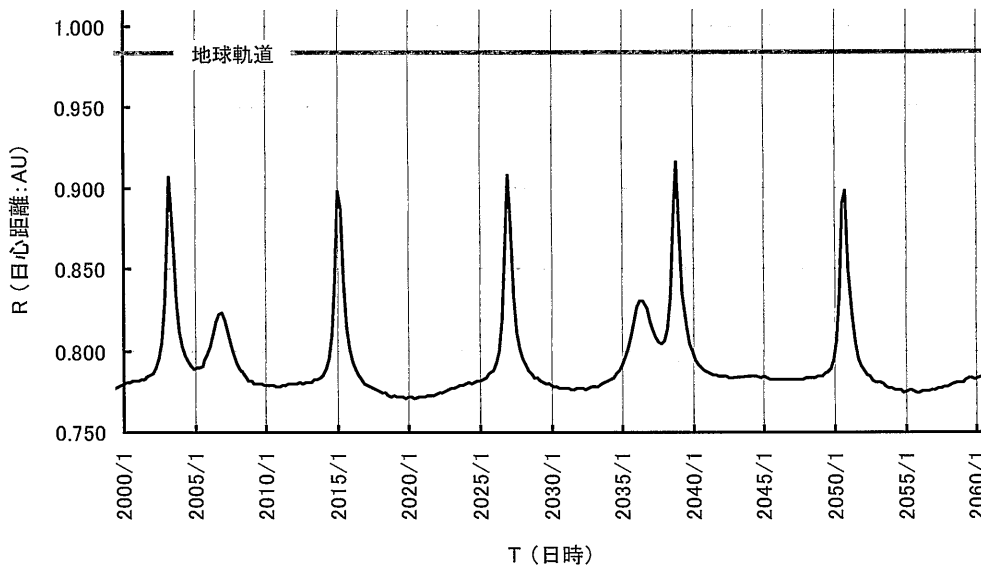


図1 ダスト・トレイルの降交点通過時の日心距離 (R) と通過時刻 (T) との関係

なお、1-2 で前述した通り、アイソン彗星の軌道は、降交点とは少々離れた位置で地球軌道と接近する。この傾向は、ダスト・トレイルにおいても同様である。そこで、地球軌道との接近距離 (d) と接近時刻 (T) について、図2にまとめた。結果は、降交点の距離の傾向と同様であり、木星と土星の摂動の影響を受けて、周期的に地球軌道に接近している様子がうかがわれた。すなわち、平常時は 0.024~0.025 AU までしか地球軌道に接近しない位置にダスト・トレイルが分布しているが、木星の摂動の影響により、2003年、2015年、2026年、2038年及び2050年には約 0.01 AU まで接近することが判明した。最も接近するのは2038年で、このときの接近距離は 0.0081 AU であった。

しかしながら、流星群が出現するためには、軌道との接近距離だけでなく、地球自体との遭遇のタイミング

も考慮しなければならない。そこで、実際の地球との接近結果について、表3にまとめた。その結果、ほとんどの場合では 0.01 AU よりも近づかず、唯一 2015年に 0.0095 AU まで接近することが判明した。

## 4. 考察

### 4-1 ダスト・トレイル分布からの流星群出現検討

今回の計算により、一回帰ダスト・トレイル自体と地球との最接近距離は 0.0081 AU、実際の地球との最接近距離は 0.0095 AU という結果が得られた。流星群が出現する条件は、木星の摂動を大きく受ける木星族彗星を母天体とするケースでは、ダスト・トレイルが 0.01 AU 程度で出現する可能性があるが、そうでない場合には 0.005 AU よりも接近しているケースがこれまで大半で

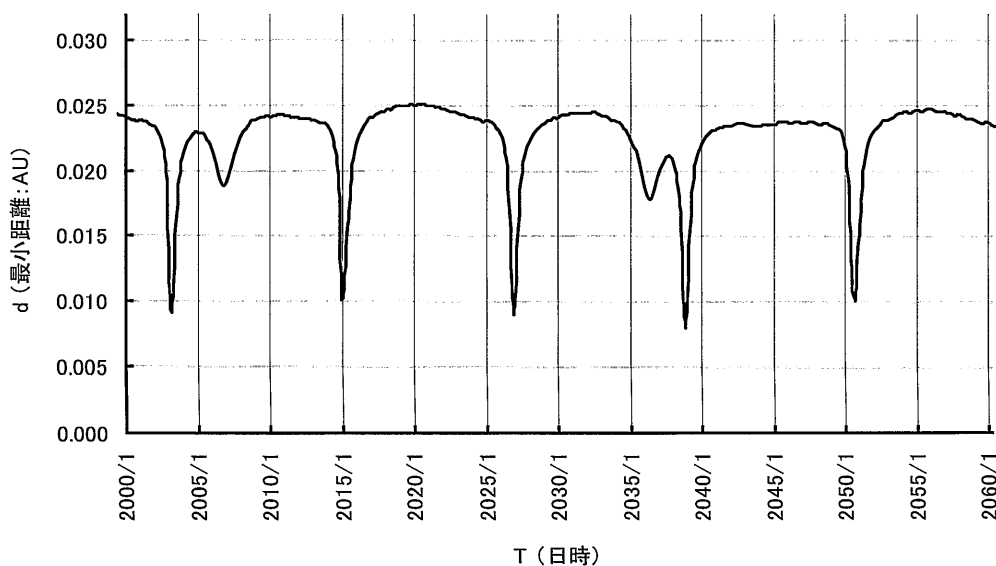


図2 ダスト・トレイルの地球軌道との距離 (d) と接近時刻 (T) との関係

表3 ダスト・トレイルと地球との接近

接近日時	距離 (AU)	放射点		流星の地心速度 (km/s)
		赤経	赤緯	
2003年1月15日18時	0.0119	152°.8	17°.5	50.9
2015年1月16日04時	0.0095	152°.9	17°.4	50.8
2027年1月16日09時	0.0113	153°.0	17°.4	50.7
2039年1月16日19時	0.0143	153°.1	17°.4	50.7
2051年1月16日18時	0.0176	153°.1	17°.4	50.7

ある。したがって、ダスト・トレイル分布からの検討では、流星群が出現する可能性は小さいという結果を得た。

ただし、二回帰目、あるいはそれ以上の回帰によるダスト・トレイルについては、さらに分布が広がる。母天体軌道の仮定が複雑になるため精査は困難であるが、流星出現の可能性を完全に否定することはできない。しかしながら二回帰以上のダスト・トレイルは、ダストの密度が非常に小さくなるため、まとまった流星の出現は期待できないことも事実である。

#### 4-2 放出時期の仮定の妥当性

今回のように、母天体が前回近日点を通じた時期が不明である場合、本来であれば、放出時期（近日点通過時期）を非常に多数仮定しなければならない。これには非常に多くの計算が必要となる。

しかしながら、長周期彗星のダスト分布には、以下のような特徴がある。すなわち、放出されたダストの分布は、太陽から遠ざかる際には、彗星からほとんど離れずに分布するため、各ダストに対する各惑星の摂動の影響の差は非常に小さい。一方、遠日点を通じた後に回帰するときには、ダストが大きく離散し、回帰するタイミングがずれる。この回帰時期の差によって摂動の影響に差が生じ、ダスト・トレイルの分布が異なってくる。このため、長周期彗星の一回帰ダスト・トレイルの分布は、ダストの回帰時のタイミングによる効果のみが大きく影響する。一方で、ダストの放出時期の差がダスト・トレイルの分布に及ぼす効果は大変小さくなる。

このような状況から、ダストの放出時期を限定しても、ダスト・トレイルの分布のシミュレーション結果に対する影響は小さくなる。したがって、本研究が行った約1350年前の近日点通過時に母彗星からダストを放出させた検討によって得られた結果は、妥当であると判断できる。

#### 4-3 その他の要素からの検討

今回のシミュレーションは、彗星が長周期の楕円軌道であり、過去に太陽に近づいていたという仮定のもとに実施した。しかしながら、その後の位置観測が加わった軌道要素では、離心率が1.0を超え、双曲線軌道となるような軌道要素が報告されている（JPL Small-Body Database Browser 2012）。これは、長周期楕円軌道であることを否定する結果であり、ダスト・トレイル自体の存在も否定される。つまりは、ダスト・トレイルとの接近による流星群の出現が期待できないことを意味する。

## 5. 結論

話題のアイソン彗星を起源（母天体）とする流星群の出現の可能性を、ダスト・トレイルの分布から検討した。結果は、長周期軌道を仮定しても、出現する可能性が大変小さいものとなった。また軌道自体も、その後の位置観測により長周期である可能性が小さくなった。

以上から、アイソン彗星起源の流星群の出現の可能性はほとんどないものと推測される。

## 6. 参考文献

- Burhonov O. et al. 2012, CBET 3238, 1  
 Jenniskens P. & Vaubaillon J. 2007, WGN, Journal of the International Meteor Organization, vol 35, No. 2, p.30-34  
 JPL Small-Body Database Browser 2012, web, <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=2012S1>  
 Novski V. et al. 2012, CBET 3238, 1  
 Project Pluto 2009, web, <http://www.projectpluto.com/pluto/integrat.htm>  
 Sato H. 2012, personal communication  
 Sato M. 2007, web, <http://fas.kaicho.net/tenshow/meteor/aur2007/Aur2007.htm>