

麻田剛立に関わる彗星の楕円軌道を論じた書簡

上原 貞治

東亜天文学会「天界」2006年9月号掲載

1. はじめに

麻田剛立(1734-1799)は、江戸時代、当時の日本最高の研究レベルに達した暦算学者である。彼が中国書から得た知識などにもとづいて独自にケプラーの第3法則を発見した可能性が高いことについてはすでに論じた。(文献1,2))。しかし、彼が当時、西洋からの直接的なルート、即ち、オランダ人、オランダ語通詞、西洋書やその翻訳本などを通じて、どの程度まで17世紀以降の西洋近代天文学の知識を得ていたかはあまり明らかではない。西洋近代天文学の知識を全く持っていなかったわけではないが、学問的に系統だった知識は持ちあわせていなかったようである(文献2))。

麻田が没した1799年の前後およそ20年間は、西洋の近代科学の知識が日本で翻訳されて普及し始め、それと同時に日本人の学者自らがオランダ語の原書の研究を始めた、いわば我が国の科学界の激動の時代であった。この時代に当時の代表的な暦算学者であった麻田とその一門の者がどのように西洋の近代天文学の知識を吸収していったか、その詳細を知ることは非常に重要な課題である。

2. 彗星の楕円軌道についての書簡

藤井準一郎氏によってまとめられた「麻田剛立先生研究資料書簡集」の中に、彗星の楕円軌道について触れた書簡が収められている(文献3))。以下にその全文を記す(表題、本文とも文献3)から採った)。

(麻田剛立)書簡 [宛先不明。年月日不明。藤井準一郎「麻田剛立先生研究資料書簡集」(杵築市図書館蔵)所収]

彗星ハ近来紅毛ノ説ヲ見申候処、彗星ハ常ニ天ニ御座候而、其数モ大分御座候。或ハ数百年、或ハ数十年ニ自輪ヲ一周仕候。即チ地動ノ説ニテ五星ノ如ク太陽ヲ周リ候へ共、其天甚タ高く、其輪太陽ニ楕圓ニカヨリ御座候。其星百数十年ニシテ暗界ヨリ出デ来タリ、地ニ近ク成ルニシタガツテ形ヲ見申候。暗界ハ日光ノ及ハサル天ニテ御座候。土星此ノ暗界ニ近キノ天ニ居ユヘ、其光他ノ五星ヨリウスク御座候。右ノ土星天ノ高サ今算スルニ二億(万万ヲ億トス)八千一百五十七万四五千里ユヘ、其上ノ暗界ノ高キコト知ルヘシ。尤彗ノ光偏周ミナ御座候へ共、太陽ノ界ニ来リ候へハ、太陽ノタメニ彗ノ餘光ヲウバワレテ其本ノ星ノ影ニ成ルトコロノミ光ヲ存シテ箒ヲナス故ニ、其形[図]如是御座候。其星ニ近キ所ノ光リヲ太陽奪コト能ハズシテ[図]如是御座候ヨシ。右常ニ天ニアリテ地ヲ距遠近至テ大ナルノ説、先年先君子之仰候而、中井ノ逸史中ニモ御座候様覺へ申候。今紅毛ノ説トヨク合シ申候。

(括弧内は二行割注。また、2つの[図]には、それぞれ異なる彗星の形状の図が描かれているが、ここでは省略する。)

この書簡の注目点として、彗星が太陽を回る楕円軌道上を周期運動しているという記述の他、土星までの距離が日本の距離の単位である「里」で表現されていること、宇宙に太陽の光が届かない領域があって、そこを「暗界」と呼ぶということ、などが挙げられる。さらに書簡の末尾を見ると、「先君子」なる人物がすでに彗星について似たような説を唱えていたことが書かれている。これらの記述は、太陽と月の暦算と天体観測を中心的な研究課題としていた麻田一門の者の太陽系や彗星に関する知識を示すものとして極めて貴重である。本論ではこれらの知識がどこから得られたものかを検討する。

ところで、この書簡は麻田剛立によって書かれたものではない。それは、書簡の終わりの方で言及されている中井竹山（1730-1804）著の「逸史」（徳川家康の伝記。関連部分は抄録が文献 3）にある）を見ると、該当部分に麻田剛立の名があって、「先君子」こそが彼を指していることがわかるからである。「先君子」は「先代の主人」というような意味であろうから、この書簡は麻田の子弟あるいは門人のような人によって彼の死後に書かれたことになる。

3. 土星までの距離の計算の再現

筆者は、まずこの書簡に記載されている土星までの距離、281,574,000 ~ 281,575,000 里に注目してこれを再現しようと試行錯誤を行い、以下のように5桁の精度で再現できる計算法を見いだした。当時、土星までの実距離は以下の方法で計算されたと考えて間違いない。

地球-太陽間距離と地球半径の比 (R) は、太陽の地平視差 (θ) の観測値（実際には惑星の観測に基づく）からこれを得る。 $R = 1/\tan \theta$ である。

地球の半径は、地表での緯度1度の長さ(d)を測量で得ることにより求められる。地球を球形とするならば、その半径は $180d/\pi$ で与えられる。

土星の軌道半径を天文単位で表したもの (S) は、土星の運動の実測からこれを求める方法と、ケプラーの第3法則を用いて公転周期の測定値から計算で求める方法の2種類がある。

太陽-土星間距離 (D) は、この3者の積であり、 $D = R \cdot (180d/\pi) \cdot S$ である。

ここで、 $\theta = 10''$ あるいは $R = 20626$ （どちらも暦象考成後編に出てくる値。計算によれば、 $1/\tan 10'' = 20626.48\dots$ ）、 $d = 25$ 里（暦象新書でオランダ人ケンブルの著書にあると引用されている値。伊能忠敬が正確な値を実測する以前に流布していた値の1つ。）、 $S = 9.53042$ （「麻田翁五星距地之奇法」所載の値。麻田が発見したとされるケプラーの第3法則を用いた計算値）、 $\pi = 3.14159$ （麻田らは、和算に熟達していたので正確な円周率を知っていたはず）、を採用すると、 $D = 281,579,000$ 里（ $\theta = 10''$ を採用した場合、7桁目を四捨五入）あるいは $D = 281,572,000$ 里（ $R = 20626$ を採用した場合）となる。書簡の

値と比べて6桁目が合わないが5桁まで合っており、書簡の差出人が基本的にこの方法で計算したことは間違いない。計算途中での丸め誤差、あるいは $\tan \theta$ の計算における誤差（この場合、 $\tan \theta \approx \theta$ (rad) という近似で十分である）があったとすれば6桁目が合わないことは説明できるであろう。あるいは、上の2つの D の値を単純に平均したと考えると6桁が完全に一致する。

ここで、麻田翁五星距地之奇法に記されている $S=9.53042$ は、麻田が自著「実験録推歩法」にある土星の定数から計算したものであり（文献 1）、西洋書から得たものではないことに注意しておく。

4. 誰がいつ書いたものか

この書簡の発見状況について筆者は調べていないが、文献 3) で麻田剛立の書いたものと仮定（括弧付きで）されていることから、麻田家にゆかりのある者によって書かれたと推定される状況だったのかもしれない。しかし、2節で述べたように、書いたのは麻田剛立ではない。それならば、それは剛立の息子の立達であったと考えるのが自然であろう。麻田立達（1771-1824）は、剛立の甥であるが 1795 年頃に剛立の嗣子となるべく大坂へ来て養子にはいり、剛立や間重富とともに暦学を研究した人である。立達の暦学のレベルは剛立や間に及ぶものではなかったが、その一通りを学び、特にすぐれた天体観測の記録を残していることから、この書簡にある程度の計算はじゅうぶんできたと思われる。

「先年先君子の仰候ひて」ということから、この書簡を剛立の死以降数年を経ないうちに書かれたものとすれば、その成立は 1799 年以降 1804 年頃までとなる。1802 年間は伊能忠敬（彼も間の共同研究者）による緯度 1 度の精測値 = 28.2 里を高橋至時から知らされているので、25 里という不正確な値を使用しているこの書簡が書かれたのはそれ以前と見るのが自然であろう。

また、この書簡の彗星の楕円軌道についての記述は、麻田一門の者が当時持っていた知識を示すものとして貴重であるが、彼らが 1790 年代後半以降に西洋書から得た天文知識としてこれまでに知られているところと特に矛盾せず、自然に受け入れることができる。たとえば、西洋天文学の普及書である司馬江漢の「和蘭天説」（1796 年）にすでに彗星の楕円軌道が紹介されている。また、1800 年頃には、間たちは、自分たちがかつて江戸に派遣したのちの蘭学者、橋本宗吉から蘭書についての情報を受け取っていた可能性がある。ただし、橋本は暦学者ではなかったため、その天文学の知識についてははっきりとしない。

5. 中井竹山の逸史の内容

書簡の終わりの方で言及されている中井竹山の「逸史」巻之十一（文献 3）には、彗星は大気中の現象であるという説と、天にあって地球から遠い所にあるときは見えないが近づいてくると見えるという説の2つがあることが紹介されている（*注 1）。そして、麻田剛立は、彗星が恒星天とともに回転運動していることを理由に、それを実体のある天体と見て後者の説を支持していると語ったという（*注 2）。なお、この回転運動は彗星の日周運動を指しており、太陽系内での彗星の軌道を論じているわけではない。麻田は、彗星の位置の高低（地球に対する遠近）について述べているが、その軌道の形については全く触れていない。

上の麻田の説が 18 世紀の西洋近代天文学の影響を受けているかどうかは微妙なところであるが、この程度のことであれば麻田が独自に思いつくことはじゅうぶんあり得るように思われる。麻田は、彗星が日周運動をしていることからそれが宇宙にあることを推論したと言っているし、また、彗星が天体ならば何らかの周期的な運動をするのが自然だろうと考えたと推察できる。こう考えると、彼の推論は現代天文学から見て正しいものであるが、西洋で 17～18 世紀に彗星の位置や軌道の形について大論争になった時の論点とは違うようである (*注 3)。しかし、西洋近代天文学の影響を受けている可能性も排除できないし、著者の中井竹山は天文学者ではないので、何らかの重要な知識を書き漏らしている可能性もある。

*注 1：(「逸史」の該当部分) 友人麻田剛立曰く、彗孛は実に一星にして、天に於いて形を成す。客気の致す所となる一時凝結の物には非ざる也。恒星と同じく旋ると雖も、その行独り年を積みて、低昂す。平常は微小にて、弁ずべからず。漸く低くなり則ち日を受けて芒を發し、日の遠近に随ひ、彗と為り孛と為れる。(原文は漢文(文献3))。書き下し文は上原による)

*注 2：(「逸史」の該当部分) 凡そ客気の上昇の類、凝聚指すべしと雖も、元は形質無きの物なり。天と同じく転するの理無し。唯、彗孛儼然として真形を有す。故に能く附麗して運旋する也。(同上)

*注 3：16 世紀以前の西洋では、天体は不変であるはずだという信念から、形状が変化する彗星は大気中の一時的現象とされた。天体として認められたのはその視差が小さいことが測定されたことによる。その後、その軌道について直線であるとする説や太陽近傍で折り返すというような説が出されたのちに、ニュートンやハレーによって太陽を周回するという正しい見方が確立した。

6. 結論

以上の議論によって結論づけられることは以下の通りである。まず、この書簡にある土星まで距離は、麻田翁五星距地之奇法の現存する唯一の「応用例」といえるであろう。そして、これは、麻田一門の者が五星距地之奇法＝ケプラーの第 3 法則を「惑星の軌道半径を計算する方法」として尊重していたことを裏付けている。さらに、彼らは曆象考成上下編を原資料とした実験録推歩法の惑星の常数を 1780 年代から 1800 年頃まで、十数年にわたって使用し続けていたことになる。

また、この書簡に彗星の楕円軌道や暗界の用語の記述があることは、1790 年代後半以降に西洋書から得られた知識として特に奇異なものではない。一方、この書簡の最後に引用されている先君子＝麻田剛立が取り上げた「彗星は常に天にある」という説は、中井竹山の「逸史」の記述によれば、彗星が日周運動をすることからそれを実体のある天体と見たことにもとづいており、その軌道の形の議論もないことから、必ずしも西洋近代天文学の知識に依拠したものではないように思われる。

文献

- 1) 「我が国におけるケプラーの第 3 法則の受容 — 麻田剛立の『五星距地之奇法』を中心にして—」
上原 貞治、天界 Vol. 86, 322-330, 386-390、東亜天文学会、2005.

- 2) 「我が国におけるケプラーの第3法則の受容(Ⅱ) — 麻田剛立『五星距地之奇法』と志筑忠雄『曆象新書』の比較—」 上原 貞治、天界 Vol. 87, 320-32、東亜天文学会、2006.
- 3) 「麻田剛立資料集」、大分県先哲叢書 1999 (当該書簡、「麻田翁五星距地之奇法」、「逸史」卷之十一の抄録 を所収) .
- 4) 「御製曆象考成後編」、四庫全書珍本、商務印書館(台湾)(曆象考成後編、原著：清国)
- 5) 「洋学」上、日本思想体系、岩波書店 (司馬江漢 「和蘭天説」他)