

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

東亜天文学会「天界」2005年6,7月号掲載

0. 序

科学の教科書に出てくる「法則」というものはたくさんあるが、天文学の分野では、「ケプラーの法則」というのが最も名高い法則のひとつであることに異論はないであろう。その中で、ケプラーが最大の努力で発見したのがその第3法則である。「惑星の公転周期の2乗と軌道半径の3乗の比は一定である。」 「調和の法則」と呼ばれる通り、たいへんな精度で成り立っている美しい法則で、ニュートンの万有引力の法則によって完全に解明された後も現在に至るまで、長く讃えられ、そして利用されている。

この「ケプラーの第3法則」を独立発見したといわれている日本人がいる。江戸時代の暦学者、麻田剛立(1734-1799)である。彼は、ケプラーの発見のおよそ170年後、この法則を独立発見した、というのである。このことは大勢の人によって取り上げられているが、この真偽については決定的なことはわかっていない。しかし、本論では文献研究を通じて麻田剛立が独自にケプラーの第3法則を発見し得たことを明らかにしたいと思う。

1. 背景状況

麻田剛立はほとんど著述をしなかった人で、彼が開発した暦の計算の記録は残っているがまとまった著書というものはほとんどない。彼がケプラーの第3法則を発見した、ということを伝えているのも、その多くは他人の書いたものである。このことが、麻田によるケプラーの第3法則の独立発見の真偽がはっきりしない最大の理由である。

しかしながら、高橋至時(1764-1804)、間重富(1756-1816)の2人が、麻田がケプラーの第3法則を独自に見つけたことをはっきりと主張している。彼らは、麻田の死後、オランダから輸入された洋書(蘭書)の中にケプラーの第3法則の記述を見つけ、「これは麻田が生前に発見した法則と同じものだ」と驚きを交えて述べている。高橋と間は麻田の門人であり、互いに密接な共同研究者である。麻田の研究成果について彼らの言っていることを疑う理由はあまりない。少なくとも、麻田がケプラーの第3法則を知っておりそれを門人らに告げていたこと、そして、門人らがそれを麻田の独自の発見によるものと信じていたことは疑いのない事実のようである。

客観的に見て、当時(18世紀末)までに国内に流布していた日本語の書物、それから中国語の書物には、ケプラーの第3法則に言及しているものは無かったようである。当時の日本は鎖国をしていたので外国人教師のような者はいなかった。中国とオランダの書物は輸入されていたが、西洋天文学に触れている中国の書物(漢籍)はカトリック系のイエズス会士によって編纂されたもので天動説に基づいていた。蘭書については、当時は蘭学の勃興期にあたり、翻訳書の出版や西洋科学の紹介が始められていたが、未だ科学の分野を広くカバーするには至っていなかった。原書の中にはこの法則について記述したものがあつたはずであるが、麻田がこの法則を発見したと伝えられている寛政の初年(寛政元年

は 1789 年) までには、彼らのグループの中にオランダ語を読める者はいなかったと思われる。以上のことは、麻田がケプラーの第 3 法則を独自に発見したことを支持している。

一方、麻田たちが惑星運動の研究をしていた形跡がないこと、そして、地動説の立場を明確にとっていないことから、ケプラーの第 3 法則を独力で見つけることは状況的に困難であった、という見方がある。そして、彼らが蘭書から間接的に(オランダ人やオランダ通詞あるいは翻訳本を通じて)この法則の一端でも知ることができた可能性があることが指摘されている。たとえば、オランダ通詞・志筑忠雄による「動学指南」と呼ばれる蘭書の訳本中にケプラーの第 3 法則が載っており、麻田が何らかの人脈によりその内容について示唆を得ることができた可能性が文献 2) で論じられている。

確かに、麻田が蘭書からケプラーの第 3 法則を知りうるルートが存在した可能性はある。また、当時の日本に蘭書が入って来てオランダ通詞がいた以上、麻田が彼らから何らかのヒントを知り得たという可能性を否定することは不可能である。しかし、その訳本は現在残っていないので内容は確認できず、また麻田がこれに触れたりその関係者と接触したという具体的な証拠があるわけでもない。

ここで、ひとつ注意しておかないといけないことがある。それはケプラーの第 3 法則を「地動説」や「ケプラーの第 1・第 2 法則」と混同してはならないということである。地動説は、1770 年代以降、すでに蘭書を通じて日本人に伝わっていた。麻田が地動説を知っていたことは、あとで見るように明らかな事実である。また、ケプラーの第 1・第 2 法則も、中国で編まれた暦書「曆象考成後編」によって、1790 年代には彼らに研究される場所となる。なぜ、この暦書に第 1・第 2 法則は書いてあったのに、第 3 法則は書かれてなかったのか? それは、第 1・第 2 法則は太陰太陽暦の計算の役に立つが、第 3 法則はそれに関係なかったのをこれを中国の暦学者が学ぶ必要がなかったからである。

2. 文献「麻田翁五星距地之奇法」

麻田剛立がケプラーの第 3 法則を知るにいたった状況をうかがう手がかりを得るには、彼が直接関与したと思われる唯一のケプラーの第 3 法則について述べた文献である「麻田翁五星距地之奇法」にまずあたるべきである。この文献は、彼の門人である西村太冲が所持していたもので、西村が麻田の話聞いて書いたものではないかと思われる。題名に「麻田翁」と書かれているので、この文献の内容が、麻田によって考案された、あるいは、麻田によって語られたかのいずれか(おそらくはその両方)と考えて良いであろう。間重富によるケプラー第 3 法則の説明(4 節参照)が述べられていることから見て 1795 ~ 98 年頃に成立したものではないかと推測される。書かれている内容は、まさにケプラーの第 3 法則の提示とその解説である。

この文献はたいへん短いものなので、以下に麻田翁五星距地之奇法の本文の全文を引用する。表紙には「麻田翁五星距地之奇法」と書かれており、本文冒頭には、単に「五星距地之奇法」と記されている。以下の本文は、文献 1) からとったが、読みやすくするため、ここでは、原文の片仮名を平仮名に置き換え、濁点と句読点を補い、適当に段落に分けた。漢文式は読み下し、二行割注は括弧内に入れて表現した。漢字も適当に置き換えた。

五星距地之奇法

諸曜の運行地を距る（地動の説に由れば、即ち日を距る也）遠近に依て其行の遅速齊しからざる、猶垂球の長短に依て其往来齊しからざるが如し。夫の垂球往来の比例をなす長球往来の方数と短球往来の方数とは、短球の尺と長球の尺との如し。蓋し、諸曜の運行は猶球の往来の如く、地を距る遠近は猶垂尺の如し。唯、球と天行と氣質の同じからざる故に、其勢ひ齊しからざるに似たり。然りと雖も、其往来運行の方数より変化し遂に基準をなすに至ては、天行球行、俱に同き所あるが如し。

故に、数の自乗開方より変化し来るものは皆著明の巨数にして、其数の実測に近きものは必ず真数となり、未だ其真を得ざるものは実測と相離る必ず遠し。紛々たる細数混じり出でて崇りを真数の間になすの類には非ず。

蓋し、日と五星と俱に地を心（地動の説に由れば、地と五星と俱に日を心とす）とする故、其本天半径を得る、俱に一法による。然して、月は全く地に属す（地動の説に由て之を觀れば、月の地を環行する、猶四小星の木星を環行するが如し）故に地との比例、又自ら一法となる。其開乗の易簡にして最も奇なるものは木星の四小星にしくなし。然して月は一物にして外に徴すべき類なし。故に、開乗中其真数を得ると云とも法の果して真なるか、徹底しがたし。木星の四小星の如き類をなすもの四にして、其法の真假、僅に徴するに足ると雖も、其實測、未だ密ならざれば、亦確拠となしがたし。唯、五星と日とは、古今の実測略備り、其類亦多し。故に其法の必ず真にして、実測と基準を得るものを左に記すのみ。

日一周天（地動の説に由れば地一周天とす）一と為す

日本天半径（地動の説に由れば地本天半径也）一と為す

或は水星を用て一とし土星を用て一とするも其法皆同じ

土星一周天、日二十九周四二一七余、（合伏より合伏に距る日分秒と日の平行とを用て之を得る。下四星亦同じ）之を自乗、立方に之を開き、九五三〇四二を得る、即本天半径（次輪心地心を距る数なり。地動の説によれば星日を距る数也）

木星一周天、日十一周八五六〇余、之を自乗、方立[ママ]に之を開き、五一九九四七を得る、即本天半径。

火星一周天、日一周八八〇七三余、之を自乗、立方に之を開き、一五二三六五を得る、即本天半径。

金星一周天、日〇周（一周に満たず）六一五二一余、之を自乗、立方に之を開き、〇七二三三五を得る、即本天半径。

水星一周天、日〇周（一周に満たず）二四〇八五余、之を自乗、立方に之を開き、〇三八七一を得る、即本天半径。

右は唯其法を記すのみ。細微の数を必とせず

これが、少なくとも現存するものの中では日本で最初に行われたと推定されるケプラーの第3法則の記述である。これを書いたのは麻田あるいは彼の門弟であろう。しかし、問題は、ここに書かれている内容を発案したのが誰かということである。

3. 「五星距地之奇法」に関する本研究の位置づけ

ここで、「五星距地之奇法」の内容に深く踏み込む前に、この文献に関するこれまで

での研究と本研究の位置づけについて簡単に触れておこう。

渡辺敏夫氏は、五星距地之奇法の太陽系宇宙モデルを当時の日本に伝来していた種々のモデルと比較検討している（文献 2）。当時の日本には、おおざっぱに分けて、古来よりの天動説、ティコ流の新しい天動説、それからコペルニクス以降の地動説の 3 種類の太陽系宇宙モデルが移入されていた。渡辺氏の検討によると、五星距地之奇法は、地球を中心とし太陽と 5 惑星がその周囲を周回するという古来よりの天動説の体系（「暦算全書」の体系 アリストテレス・プトレマイオスの体系に対応）に基づいており、地動説に基づいたものではないとされる。そして、ケプラーの第 3 法則は地動説によらないと導出が困難なものであるから、麻田はこの法則をあらかじめ「予知」して天動説に「こじつけ」たものだという結論が得られている。さらに、「予知」については、麻田が地動説や惑星運動について詳しく研究していた様子は見られないから、オランダの関係、すなわち、オランダ通詞、蘭書、あるいはその訳本から、ケプラーの第 3 法則のヒントを得た可能性があるという指摘されている。

今回の私の研究は、この前段の渡辺氏の研究の結論から出発している。しかし、この結論自体は麻田が地動説について熟知していなかったことを証明するものでは決していない。麻田は、現にこの文献で地動説に触れているのだから、地動説について理解した上で天動説に基づいた記述をしたのも知れない。また、麻田がケプラーの第 3 法則を何らかのかたちで「予知」していたとしても、彼がこの法則に関連して蘭学関係に接触したことを示す直接的史料は何もないのであるから、この状況でオランダルートからその知識を得たと結論づけるとしたらそれは早計であろう。

本研究は、麻田が当時の日本と東洋の学問世界の範囲内で、自らケプラーの第 3 法則を「予知」し発見することができたという可能性を具体的に提示するものである。

4. 「五星距地之奇法」の内容 間重富による説明

「五星距地之奇法」の冒頭の部分で、太陽系の惑星の運動が、垂球、つまり、振り子の振動に比較される。これは、間重富が考案したとされる「天行方数諸曜運行帰一理」と同じものである。間は、麻田の考案したケプラーの第 3 法則 = 五星距地之奇法を、振り子の性質（周期の 2 乗と糸の長さの比が一定）のアナロジーで説明した。間が寛政改暦の仕事をしていた頃（1795 ~ 97 年）に彼の独創でこの説明を発見したことが、彼の息子の間重新の記述や墓碑文によって残されている。麻田らは間の発想を絶賛したという。

漢籍に掲載がなかったことからして当時の東洋人でケプラーの第 3 法則を知っている者はほとんどいなかったらう。一方、西洋ではすでに 17 世紀にニュートン力学と万有引力の法則によってケプラーの法則は完全に解明されていたので、西洋人はこのような比喩的な説明をする必要はない。だから、この説を間以外の東洋人が考えたとするのも、西洋から伝わったとするのもかなり困難である。また、間は垂球や機械時計を用いて正確な時間測定をすることに努力をした人であり、そういう意味で、振り子のたとえは間の独創的な発想として極めてもってもらいたい。

天行方数諸曜運行帰一理が間の独創であるということが五星距地之奇法が麻田の独創であることの証拠にはならないが、間と麻田がお互いの発見を独創と認め合っていたことが

らして、どちらか一方が実は西洋から知り得た知識であったということは、なかなか考えにくいことと思われる。

5. 「五星距地之奇法」にみる地動説

麻田翁五星距地之奇法の中程の部分では、太陽系の天体が3つのグループに分けられる。第1のグループは5惑星（水星、金星、火星、木星、土星）と太陽（地動説に従えば地球）であり、第2のグループは月のみ、第3のグループは木星の4衛星（ガリレオ衛星）である。そして、それぞれのグループは共通の天体を中心にして公転しているが故に、「 $R^3/P^2 = \text{一定}$ 」の関係が（ R は惑星の軌道半径、 P は公転周期）、これらのそれぞれのグループ内でのみ成立することが明確に主張されている。

ところが、この「奇法」の著者が形式的に採用した天動説に従うならば、第1と第2のグループの天体の中心星はともに地球のはずである。しかし、それでは上のグループ分けがうまくゆかない。そこで、「 $R^3/P^2 = \text{一定}$ 」の関係の説明を意味のあるものにするためには、地動説を採らざるを得ないことになる。5惑星と月の間に同じ定数でケプラーの第3法則が成り立っていないことは当時でも容易に確認できることであった。だから、月の公転の中心が地球であるならば、5惑星の公転の中心は地球であってはならない。

この問題は、「月は全く地に属す」という記述を待って初めて解決する。これは、月は天動説におけるのみならず地動説においても地球の周りを廻っている（後者の点で5惑星と違う）という意味である。この文献は、一見、天動説を主に、地動説を従として書かれているように見えるが、実際には、天動説と地動説を並列に扱い、「力学的」な意味あいではむしろ地動説に重点を置いているのである。

従来の研究では、麻田たちは地動説の立場をとっていなかったもので、ケプラーの第3法則の発見に対して見通しが悪く困難があっただろう、という推察があった（文献2）。また、この文献の間重富の説や割り注で付された地動説からの記述の意義を積極的に取り上げてこなかったおもむきがある。しかし、五星距地之奇法で論じられている力学的説明は、少なくともこれが書かれた時点では彼らが地動説について深く理解していたことを示唆している。彼らは、暦算の形式としては常に天動説を採用していたとしても、宇宙のモデルを論ずるときには必要に応じて地動説の見方にシフトすることができたと見るべきである。

6. 公転周期の数値について

後半の部分で述べられていることは単純明快である。それは、ケプラーの第3法則による惑星の公転周期からの軌道半径の導出のデモンストレーションにほかならない。しかし、我々はここにある数値を詳しく吟味することによってそれがどこから導入されたかを調べ、ひいては五星距地之奇法の起源へ迫る手掛かりを得なければならない。「細微の数を必とせず」と言われてもここでは細微の数値にこだわらざるを得ない。

ここで五星距地之奇法に出ている数値導出の再現を行う。この文献では惑星の公転周期（「五星の一周天」）の数値がインプットとして与えられているが、その数値はどこから得られたものであろうか。それについては、以下のように麻田剛立の著書「実験録推歩法」から採られたものであることが見いだされる。実験録推歩法は、麻田の研究の中核をなす

暦算書で何度も改訂が重ねられているが天明6年（1786年）に一応の完成を見たものである。この暦算書は、内惑星については太陽の周りを廻っているとす「ティコの体系」の天動説に基づいており、そこにリストされているわずか4種類の定数から、五星距地之奇法の公転周期の数値を完全に再現できる。その方法は以下の通りである。A, B, C, Dは、いずれも実験録推歩法に載せられている定数（用数）である。

- ・外惑星の「毎日平行」 - - Aとする。外惑星の平均日々運動に対応
- ・内惑星の「次輪周毎日平行」 - - Bとする。地球 - 太陽 - 内惑星のなす角度の角速度に対応
- ・「日本輪周毎日平行」 - - Cとする。地球 - 太陽間距離の遠近の周期（近点年）を表す定数で、角速度として与えられている。回る方向は内惑星とは逆向き
- ・「歳周」 - - Dとする。太陽年に対応。冬至から冬至までの日数

これらによって、惑星の公転周期（P）は、

外惑星に対しては $P = 360 \div A \div D$ 、内惑星に対しては $P = 360 \div (B + C) \div D$ 、

と計算され、その結果は五星距地之奇法の公転周期の数値に完全に一致する。表1の左4列の数値はこの導出計算を再現したものである。ここでは、黄道座標系を基準とする天動説に従って太陽年が単位とされている。（西洋近代天文学に従えば、ケプラーの第3法則の確認には絶対静止系あるいは慣性系を基準とし恒星年を採用しなければならない。）

表1：「実験録推歩法」の数値による「麻田翁五星距地之奇法」の数値の再現

惑星	実験録・ 毎日平行 A (度/日)	実験録・ 次輪周毎日 平行B (度/日)	公転周期 P (年)	奇法・ 公転周期	実験録・ 次輪半径 E, E'	軌道半径 R (A.U.)	奇法・ 公転周期 の 2/3 乗
土星	0.03350063		29.421747	29.4217 余	0.10426	9.5914	9.53042
木星	0.08313480		11.856010	11.8560 余	0.192948	5.1827	5.19947
火星	0.52407501		1.8807366	1.88073 余	0.65495	1.5268	1.52365
地球				1.0		1.0	1.0
金星		0.61650866	0.6152195	0.61521 余	0.722485	0.722485	0.72335
水星		3.10669903	0.2408543	0.24085 余	0.385	0.385	0.38711
実験録・日本輪周毎日平行 - - - C = 0.98559765 度/日							
実験録・歳周 - - - D = 365.2423054 日							

7. 惑星の軌道半径について

一方、五星距地之奇法によると惑星の軌道半径は公転周期の 2/3 乗となるが、その計算値と比較すべきデータはどうして得たのであろうか。それも実験録推歩法のなかに答えがある。それは、

惑星の「次輪半径」 - - 外惑星に対しては E 、内惑星に対しては E' とする。いずれも、周転円（次輪）の半径を天動説にもとづく軌道半径（本天半径）に対する比で表したものの

データである。ティコの体系(*1)での本天半径は、外惑星については地動説での軌道半径に対応し、内惑星については地球-太陽間距離と同じ（1天文単位）である。また、外惑星の次輪半径は1天文単位だから、惑星の軌道半径(R)は天文単位を単位として、

外惑星に対しては、 $R = 1/E$ 、内惑星に対しては、 $R = E'$ 、

となる。これらをまとめたのが表1の右3列である。麻田はこの方法に従って惑星の軌道半径を計算したのである。

計算材料は麻田の自著にすでにあつたのである。そして、実験録推歩法の惑星のデータは、すべて彼が研究していたティコの天動説に基づく暦算書「暦象考成上下編」から採られたものである(*2)。蘭書やオランダ通詞からデータをもらったわけではない。ただ、それぞれの惑星についての本天半径と次輪半径の比しか与えられていないので、異なる惑星にわたって比較できる軌道半径の数値を確定するためには地動説にいちど翻訳する必要があつたのである。五星距地之奇法における天動説と地動説の説明の併記は、この手順が採用されたことを示唆している。

麻田剛立にとって、以上のような計算をすることはわけもないことであつただろう。また、表1の P と R の数値をにらんでケプラーの第3法則 = 五星距地之奇法を発見することも彼にはそんなに難しい仕事であつたとは思えない。「多数の実地の数値から法則を見出すこと」、これがその生涯を莫大な計算の試行錯誤に費やした麻田の暦算天文学の神髄であつた。宇宙で実現していることのすべては神の業であると信じ神秘主義にとらわれていたケプラーよりも、麻田はさらに貪欲に強引に法則を探し回ることができたであろう。

あとはきっかけだけである。麻田が地動説に基づいた惑星の公転周期と軌道半径の関係を探ろうとするきっかけさえあれば、五星距地之奇法の独立発見はじゅうぶん現実のものとなつたであろう。

(*1) 暦象考成上下編のティコの体系では、外惑星については地球を中心とする円軌道（本天）上に次輪と呼ばれる小円軌道がありその円周上を惑星が1年の周期で廻るとする。ここで次輪の半径を地球太陽間距離に等しくとれば、惑星は実質的に太陽に対して円軌道を廻ることになる。また、内惑星については太陽を直接周回するとする。一方、五星距地之奇法で形式的に採用されているのはすべての惑星が地球を廻るとする「アリストテレス・プトレマイオスの体系」の天動説であるが、この体系に閉じている限り内惑星の軌道半径は確定しない。

(*2) これらの数値のうち、内惑星の「次輪周毎日平行」は暦象考成上下編では「伏見毎日平行」と呼ばれている。また、火星の次輪半径の導出には若干の計算が必要である（実験録推歩法の火星次輪半径 = 暦象考成の「最小次輪半径」 + (「本天高卑大差」/2 + 「太陽高卑大差」/2) ÷ 2)。「毎日平行」、「次輪半径」は、本質的に暦象考成と実験録推歩法で同じである。一方、実験録推歩法の太陽に関する2つの定数は、麻田独自の暦法である「消長法」に基づくものである。実験録推歩法と暦象考成の惑星の用数

が本質的に同じであることは文献 2) で指摘されている。

8 . 三浦梅園の太陽系宇宙モデル

麻田剛立が地動説を知っていたことは確かであるが、彼がどの程度惑星運動の研究をしていたかどうかは定かでないし、地動説についてどう考えていたのかも明らかでない。それは、彼が著述をほとんどしなかったからである。しかし、彼と同じ時代に天文学をはじめとする膨大な量の自然哲学の著述をした人がいる。三浦梅園 (1723-1789) である。梅園は、麻田と同じ豊後出身の自然哲学者で、若い頃は麻田の父に師事していた。梅園は、麻田より年長であったが、麻田の豊富な天文学の知識が自身の自然哲学の検証に役立つものと考え、長年にわたって麻田に教えを請うている。そして、漢籍の暦学書による勉学もそれに加え、梅園は西洋の天動説について豊富な知識を持つようになった。

間重富の記述によると、五星距地之奇法の発見は寛政の初年 (寛政元年は 1789 年) になされた、ということである。一方、上に書いたように実験録推歩法は 1786 年の完成である。この間の 3 年間に何があったのだろうか。それは、真理の追究に捧げられた三浦梅園の生涯の最後の 3 年間であった。梅園は、1786 年に自著「贅語」(ぜいご) をほぼまとめきり、麻田に校閲を依頼している。そこには太陽系の構造に関して天動説と地動説の橋渡しのヒントとなるようなことが書かれていた。梅園は自身の自然哲学に基づいた、いわば梅園流の地球中心説と太陽中心説を打ち立てた。これは、双方の見方を対称的に並列させるもので、西洋におけるような二者択一をせまるようなものではない。彼は、地動説を長崎のオランダ通詞から聞いて知っていたが、近代科学理論や天文計算を西洋から学ぶことはなかった。彼の没年に完成した贅語には次のような内容がある。

(1) 贅語「天地帙上」の「天地訓」の末尾に「連環図」と題する図がついている (図 1)。天地訓の本文にはこの図の説明はないが、これは明らかに梅園の地球中心の見方と太陽中心の見方の「座標変換」を示したものである。図の内容は、西洋天文学の立場にたてばそのままティコの体系の天動説とコペルニクスの地動説の対応を示すものとなっている。なお、連環図は、梅園の肖像画 (文献 6) と 8) のカバーにある) にも描かれており、彼の自信作であったことを物語っている。

(2) 贅語「天地帙上」の「日月 第四」で、ティコの体系の解説をし、天体の運動のゆえんを自己の「気と象」の哲学で説明したあと、「恒星のどれも等しくととのった運動も、諸惑星のそれぞれ固有の運動も、統一するゆえんがあるのだ。」(原文「是以経星之齋運、諸辰之各活、亦有所統也。」現代語訳は吉田忠 : 文献 7) による) と述べている。梅園は、すべての惑星の公転運動と恒星天の運動 (歳差を指す) は統一的に説明できると見ていたことがわかる。

(3) 続く「天地帙下」「辰体 第五」(辰体は惑星のこと) では、ティコの体系に基づく惑星の公転周期に触れ、公転周期の短いものほど地球に近いものとするのが紹介される。ここでは月の公転と恒星の歳差も同列に扱われている。さらにこれに対して次のような気と象の哲学に基づいた「物理的」な説明が加えられる。「幾層にも重なった天球から

なる空間を地球から観察すれば、東方への運行の勢力はしだいに相殺されて弱まり、ついには恒星に至る」(原文「故層層之間。自地而觀、則運勢漸殺、而至衆星」)これは、公転の角速度が外側の惑星ほど小さくなっていることを、気による運動(すべての天体に共通の西向きの日周運動)と象による運動(天体自体の東向きの運動)のせめぎ合い(摩擦のような?)によって説明しようとしたものである。

(1)の「地球中心」の見方と「太陽中心」の見方を並列させることは、梅園が研究した曆書「天経或問」に見えている。また、(2)(3)の歳差を恒星天の運動を見なすことは西洋の天動説のアイデアとして曆象考成に紹介されている。しかし、地球中心・太陽中心の見方の対称化や惑星と恒星の運動の力学的理論による統一は、彼独自の自然哲学に基づくものらしい。そして、これらの部分は梅園が自分の自然哲学理論を宇宙の構造によって証明しようとしたきわめて重要な箇所なのである(*3)。

しかしながら、本論では、梅園の哲学の内容はあまり重要でない。問題は、麻田が本当に贅語を読んだかどうかである。彼は天地訓については校閲を依頼されており、返書も出しているのを読んだことは間違いない。また、梅園は手紙で「日月」の原稿もいずれ送ると書いている。本当に送ったかどうかは定かでないが、天地帙上・下においては、複数の箇所で麻田の知識や意見、観測が、名指しで引用されているので、おそらく梅園は本人に内容の確認を依頼したと考えられる(*4)。贅語を読んだ麻田は、連環図で示された天動説と地動説の変換方法、公転周期と軌道半径との間の法則の存在の可能性をそこに見出したはずである。これらは、当時随一の天文学者であり、梅園が接することができるような天文知識はすべて熟知していた麻田にとっては梅園から学ぶまでもないことであったが、梅園の宇宙モデルに結びつけられた理論的な記述は、麻田に宇宙の法則の探求に向かう強力なきっかけを与えることになったに違いない。

(*3)「陰」と「陽」の数学的な対称性で宇宙の全てのものを説明するというのが三浦梅園の自然哲学の原理である。ここでは、赤道と黄道、気と象、天体の西向きの運動と東向きの運動、地球中心の見方と太陽中心の見方が、それぞれ互いに対応づけられ対称性を持つものとされる。

(*4)この天地訓の校閲の依頼は、梅園によって麻田のもとに派遣された彼の息子、三浦修齡に託されたものである。「日月」の部分は後から送るという手紙も梅園から修齡に宛てられたものであり、それには惑星と太陽の公転速度と黄道軸に関する麻田への質問も含まれていた。修齡は大坂滞在中に麻田から曆学を学んでおり、その過程で修齡が前述の梅園の説を麻田に紹介した可能性もある。

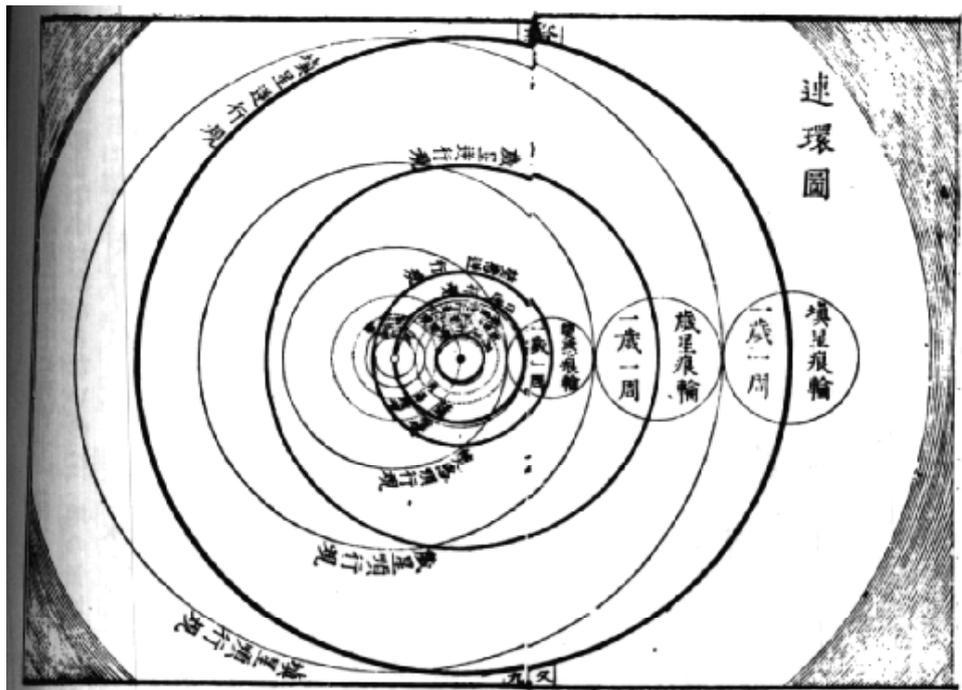


図1：「連環図」、三浦梅園「贅語」「天地訓」。(図は文献7)、図中の語は文献8)による)

連環図。地球(黒い小円)を中心に：月逆行規、大白逆行至小規、辰星逆行至小規、日逆行規、ケイ惑逆行規、ケイ惑痕輪一歳一周、歳星逆行規、歳星痕輪一歳一周、填星逆行規、填星痕輪一歳一周。太陽(白い小円)を中心に：(水星、金星の)順行規、月通痕規、地通、ケイ惑順行規、歳星順行規、填星順行規。(「ケイ」は「螢」の「虫」の代わりに「火」)

9. 歳差について

三浦梅園の惑星運動論を読んだ麻田剛立は、惑星の公転周期と軌道半径の数値的關係について自分で調べてみようという気になったものと思われる。ここで、麻田の研究テーマにこの問題を関連づけるともう一つの大きな視点が浮かび上がる。

当時、麻田と梅園には解かねばならない共通する大問題があった。それは歳差現象である。歳差は春分点が黄道上を25,000年余りの周期で移動していく現象であるが、麻田や梅園はその正しい理由を知らなかった。麻田は歳差現象を宇宙全体の運動(といっても彼の曆算理論が適用されるのは太陽と月だけであるが)に影響を与えるものと見て、彼独自の曆法「消長法」を提案した。これは歳周(太陽年)などの複数の「定数」が歳差の周期で変化するとするものである。彼がどうしてこれを思いついたかははっきりしないが、何らかの宇宙モデルの考察があったはずである。そして、それは地球を廻る太陽の軌道の変化を冬至点の移動と関連づけたものであったようである。高橋は、後年(1798年)に麻田に歳差の理由について考察した手紙「贈麻田翁」を送っている(文献11)。それによると麻田は最晩年まで歳差の正しい理由を知らなかったことが見て取れる。

一方の梅園は、歳差を恒星の「公転運動」と見なし、恒星の運動は惑星と統一された法則下にあると贅語に記述した。これを読んだ麻田は、この説に注目し歳差の周期と恒星天までの距離を関連づける発想をしたに違いない(当時、恒星までの距離は西洋でも未だ測

定されていなかった)。そして、歳差の正体を突き止めて消長法の根拠を確かめる手段にしようとしたであろう。もし、歳差が恒星の固有の運動であるならば、太陽の運動の用数を歳差と関連づける「麻田消長法」は根拠を失うかもしれない。このことは、麻田にとって、惑星の公転周期と軌道半径の関係を探る研究をする十分な動機たり得たのではないか(*5)。

(*5) 五星距地之奇法を歳差に適用すれば、恒星天は太陽から 860 天文単位しか離れていないことになり、恒星の年周視差が観測されないという当時の観測結果と矛盾する。麻田自身も寛政 3 年 12 月(1792 年 1 月)に多くの恒星の赤経の精密測定をしているが、これは恒星の年周視差を測ろうとしたものかも知れない。

10. 「夢の代」に見る麻田と梅園の考え

麻田の死後数年を経て(1802~05 年頃か)書かれたとされる山片蟠桃(1748-1821)の「夢の代」の「天文 第一」の十一に次のようなことが書かれている。「蓋月天ヨリシテ七曜ノ天各自ニ右行ス。月ノ十三度ヨリ、日ノ一度ヨリ、火木土ノ三星ダン\ノニ自行減ジテ、恒星モ亦少シノ自行アラザルヲ得ザルナリ。コレ六十八年ニ一度ノ歳差ナルモノハ、恒星ノ自行ニシテ、...(中略)...。終ニ八黄・赤ノ二道モゼン\ノニシマリテ、寒暑モナキニ至ルベシ。コレモ亦シカラズンバアルベカラズ。コ、ヲ以テ麻田先生、消長ノ法ヲ立ル」。山片蟠桃は、麻田が大坂に来た頃世話になった中井竹山・履軒兄弟の門弟である。この部分は麻田からの伝聞をベースにして書かれていると見られ、「惑星の距離と公転角速度の遅速の関係」や歳差、黄道傾角の変化の研究が麻田の消長法の動機になったとしている。また、麻田消長法の発案は梅園の贅語の草稿よりも古いので順序関係はあわないが、「恒星も固有の運動を持たざるを得ない」、「黄道傾角の変化も存在しなければならない」というのは梅園の贅語にある対称性の自然哲学の重要な帰結であり、ここには麻田を経由した梅園の哲学がかいま見られるように思われる。

蟠桃は麻田の共同研究者ではないので、「夢の代」に書かれていることをそのまま史実として受け取る必要はない。しかし、逆にいうとこういう考えを蟠桃がまったく何も無いところからでっち上げられるとも考えられない。「惑星の距離と周期の関係」と「消長法」が麻田の頭の中で結びついていたことは事実なのではないか。そして、麻田は、梅園の贅語に書かれていた仮説を自身の研究と関連させて、蟠桃あるいは中井兄弟に伝えていたのではないか。

11. まとめ

麻田はオランダ人やオランダ通詞から助けを得ることがなくても、ケプラーの第 3 法則 = 五星距地之奇法を発見し得たものと結論したい。これまでの研究によれば、麻田は惑星の暦や西洋直来の地動説の研究はあまりしていなかったようである。しかし、彼の熱心な支持者として、傑出した自然哲学者、三浦梅園がいた。梅園が晩年に贅語で説いたものが、太陽中心の宇宙と地球中心の宇宙を並列させる太陽系理論であり、天体運動を支配する動力学的法則性の提起であったことは明らかである。麻田は、贅語を校閲したのと考えられるが、そこから歳差現象との関係で五星距地之奇法の動機を得たのではないか。そうで

あれば、法則の発見はもともと所持していた資料と彼の計算力で十分可能であった。

本論は、従来より指摘されている「麻田は蘭書関係のルートでケプラーの第3法則のヒントを得た可能性がある」という見方を否定するものではない。しかし、麻田と梅園の交流は30年の長きにわたって広範な学問分野で続けられたもので、その関係は、どのように存在したかも明らかでない蘭学とのつながりとは比較にならないほど濃密なものであったはずである。このことを五星距地之奇法の発見の検証においても思い出すべきである。

「実験科学者」麻田剛立と「自然哲学者」三浦梅園の学問的立場が違ったことは事実である。梅園の自然哲学の神髄は、麻田にとってはおそらく理解できないものであったに違いない。しかし、ともに真理の探究のために宇宙の構造を洞察するという点において、彼らはまさに「盟友」であったし、互いに得るところが大きかったこともまた事実と考えられるのである。

謝辞

この研究の途上において、それを進展させるための貴重な助言を与えて下さった富山市文化科学センターの渡辺誠氏に感謝します。また、本稿を投稿する際に、詳細に内容を読んでくださり、助言と激励をいただいた東亜天文学会の長谷川一郎会長、宮島一彦副会長、藪保男氏にお礼申し上げます。

文献（括弧内の年代は原著の成立年代）:

- 1) 「麻田剛立資料集」、大分県先哲叢書 1999（書簡集、「実験録推歩法」、「麻田翁五星距地之奇法」他、18世紀後半）
- 2) 「近世日本科学史と麻田剛立」、渡辺敏夫、雄山閣 1983（麻田の暦学や五星距地之奇法に関するこれまでの研究などに詳しい）
- 3) 「麻田剛立」、末中哲夫、宮島一彦、鹿毛敏夫、大分県教育委員会、大分県先哲叢書 2000（評伝）
- 4) 「御製暦象考成」、四庫全書珍本、商務印書館（台湾）1973（「暦象考成上下編」1724）
- 5) 「御製暦象考成後編」、四庫全書珍本、商務印書館（台湾）1973（「暦象考成後編」1742）
- 6) 「梅園全集」、弘道館 1912（「贅語」、書簡集他、18世紀後半）
- 7) 「三浦梅園」、日本の名著、中央公論社 1982（「贅語」1789、評論他）
- 8) 「三浦梅園自然哲学論集」、尾形純男・島田虔次 編注訳、岩波文庫 1998（「贅語」他、18世紀後半）
- 9) 「中星譜 天経或問」、四庫全書珍本、商務印書館（台湾）1973（「天経或問」 游藝、17世紀前半）
- 10) 「新法算書」四、四庫全書珍本、商務印書館（台湾）1974（巻三十六、徐光啓 等撰、17世紀前半）
- 11) 「洋学」下、日本思想体系、岩波書店 1972（高橋至時「ラランデ暦書管見」1803-04、評論他）
- 12) 「富永仲基 山片蟠桃」日本思想体系、岩波書店 1973（山片蟠桃「夢の代」1820、評論他）
- 13) 「日本の天文学」、中山茂、岩波新書 1972
- 14) 「近世日本天文学史」上・下、渡辺敏夫、恒星社 1986-87
- 15) 「明治前日本天文学史」日本学士院編、日本学術振興会 1960
- 16) 「江戸時代の日本における基礎科学研究の成果についての概観」、上原貞治、URL=<http://www.d1.dion.ne.jp/~ueharas/edokagaku.htm> 1999
- 17) 「宇宙の神秘」、ヨハネス・ケプラー、大槻真一郎・岸本良彦訳、工作舎 1982（原題：Mysterium Cosmographicum、1596）