

麻田剛立とケプラーの惑星運動第3法則



真貝寿明

大阪工業大学

情報科学部情報システム学科

宇宙物理・数理科学研究室

<http://www.oit.ac.jp/is/~shinkai/>

大学紀要掲載 (free access)

<http://www.oit.ac.jp/japanese/toshokan/tosho/kiyou/2188-9007/61-2/61-2-03web.pdf>

2018/5/27 @姫路科学館, 第2回近畿天文学史懇話会

真貝寿明 (しんかいひさあき)



大阪工業大学情報科学部 (大阪府枚方市)

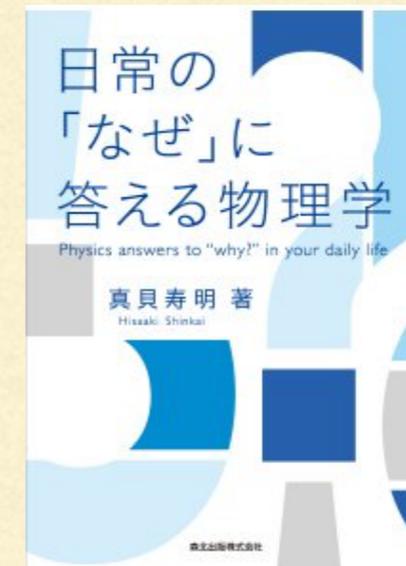
後期は武庫川女子大学 非常勤2コマ

専門は一般相対性理論

ブラックホール, 重力波

宇宙論, 重力理論, シミュレーション

ワームホール



研究「重力波を用いた相対性理論の検証」

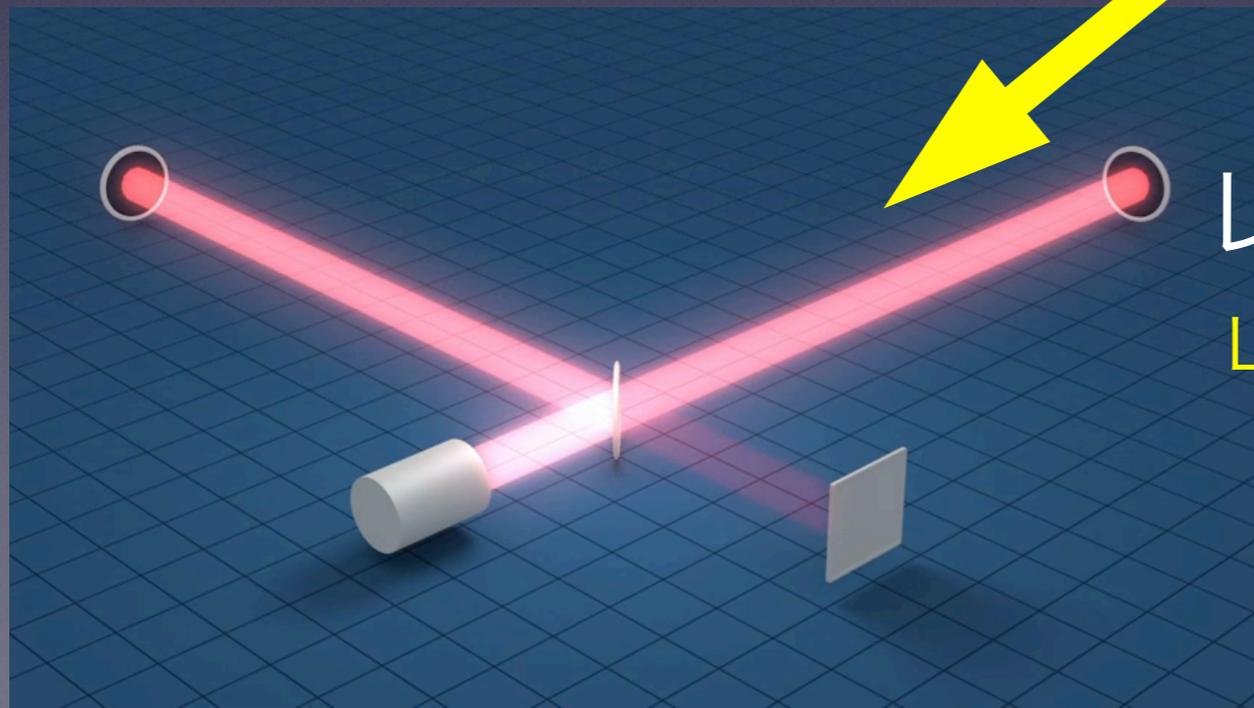
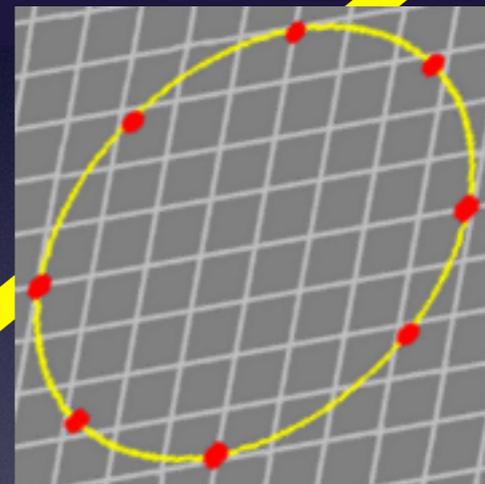
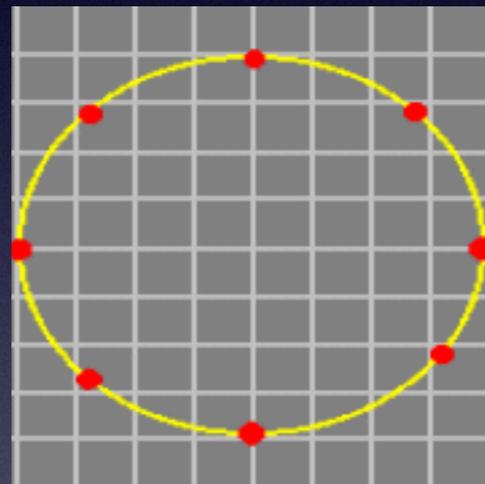
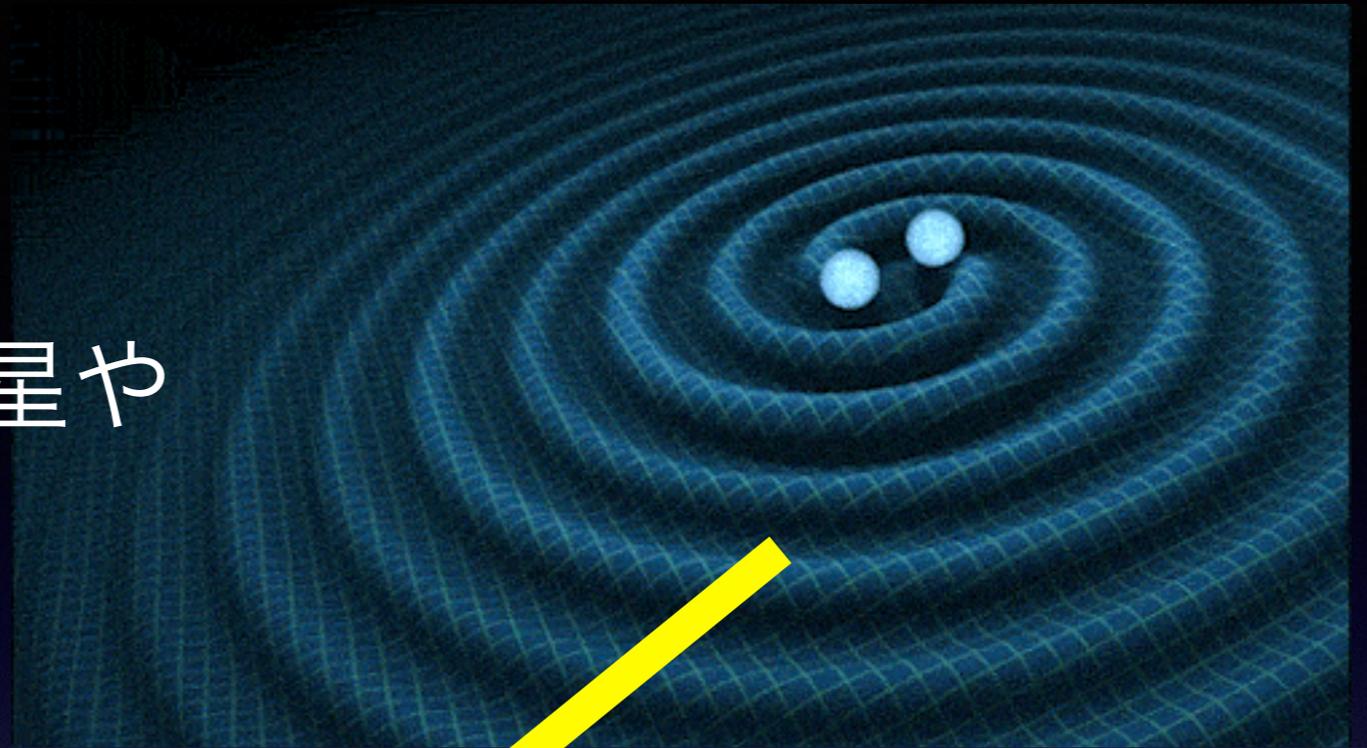
「高次元時空での特異点形成」 「SMBH形成と重力波」

現在, 重力波干渉計KAGRAの科学部門長

chair of the board, KAGRA Scientific Congress

重力波の発生と伝播

ブラックホール連星や
中性子星連星



レーザー干渉計

LIGO=Laser Interferometer

Gravitational-Wave Observatory

天文文化研究会



松浦 清（大阪工大） 美術史＋天文

「次，真貝さん何か話して」（2016年夏）



日本の天文学の大転換は江戸時代におこった。
麻田剛立がケプラーの第3法則に相当する法則を
考案した，という話がある。

ケプラーの惑星運動の法則

ケプラーの惑星の運動についての3法則 (1609,1618)

第1法則 楕円軌道の法則

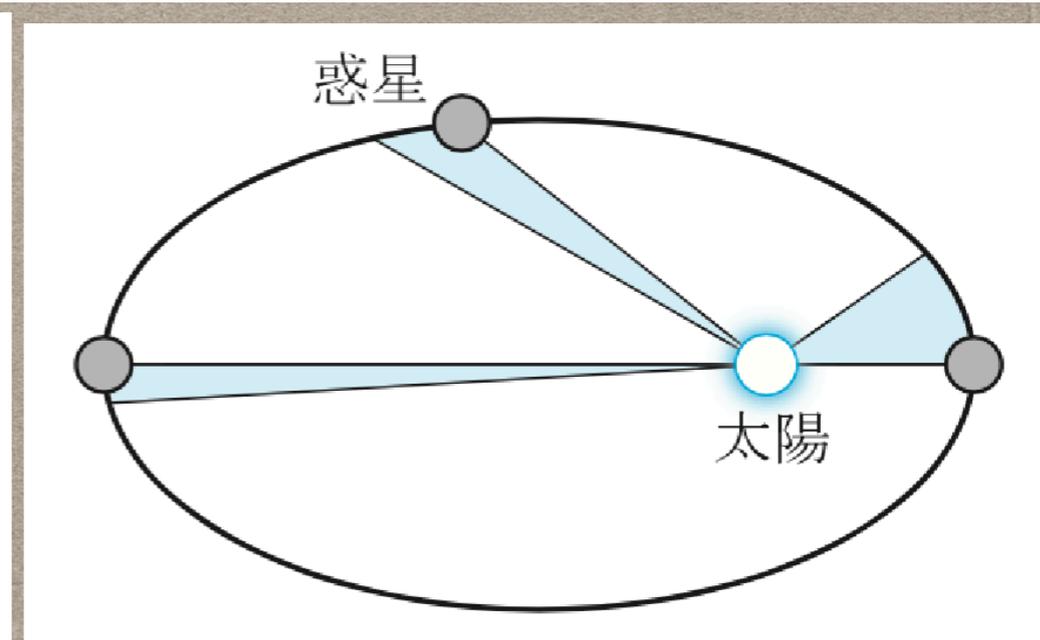
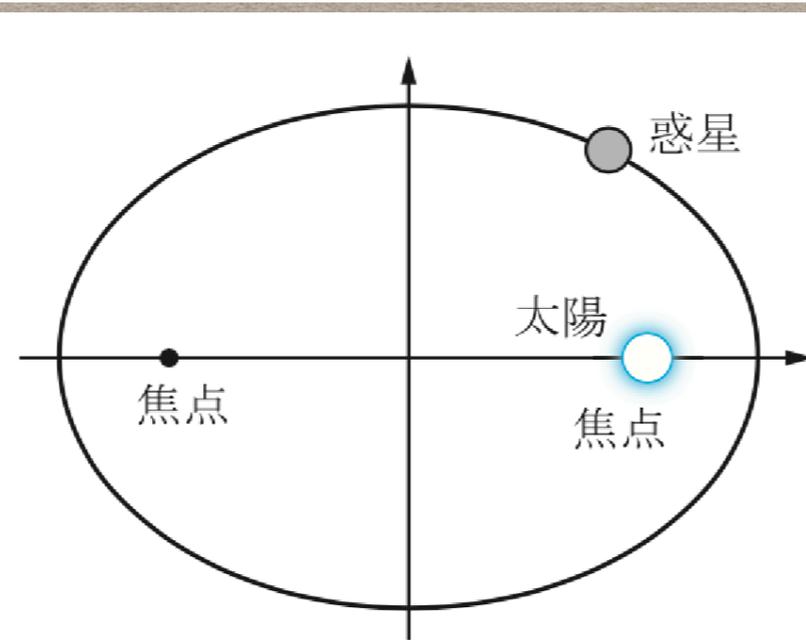
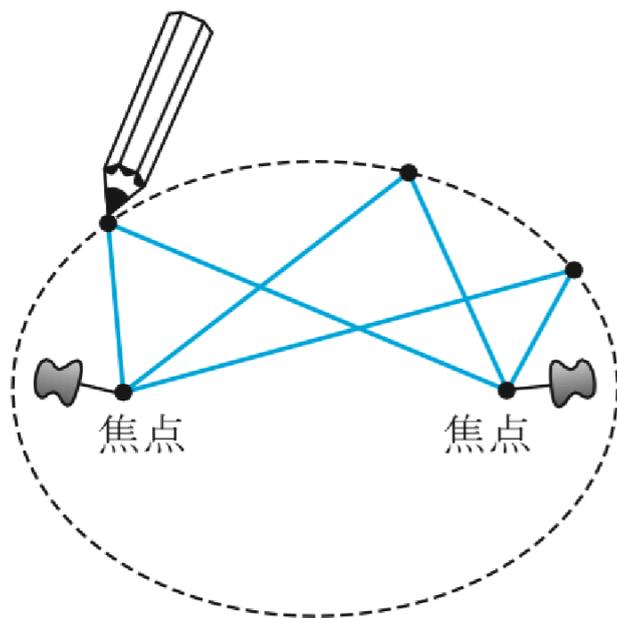
惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

第2法則 面積速度一定の法則

太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）は、惑星それぞれについて一定である。

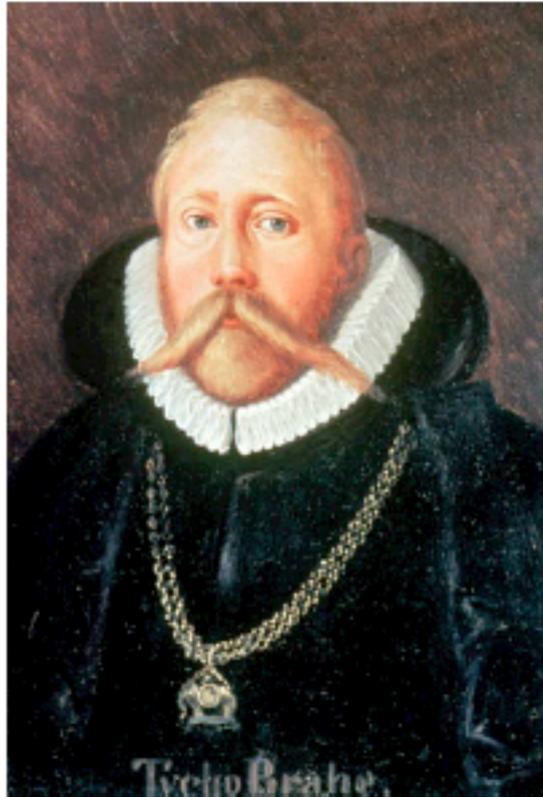
第3法則 T^2/R^3 一定の法則

惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径（長軸の長さの半分） R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。



ティコ・ブラーエ

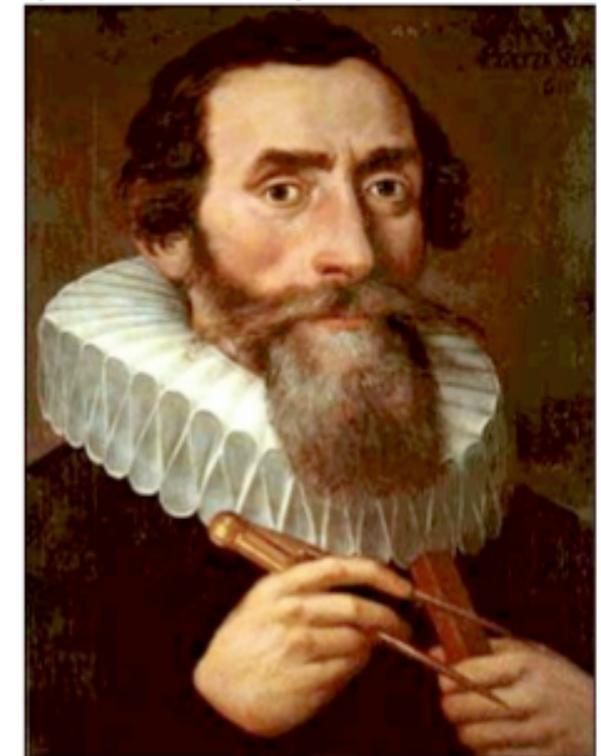
Tycho Brahe
(1546-1601)



第谷 布拉赫

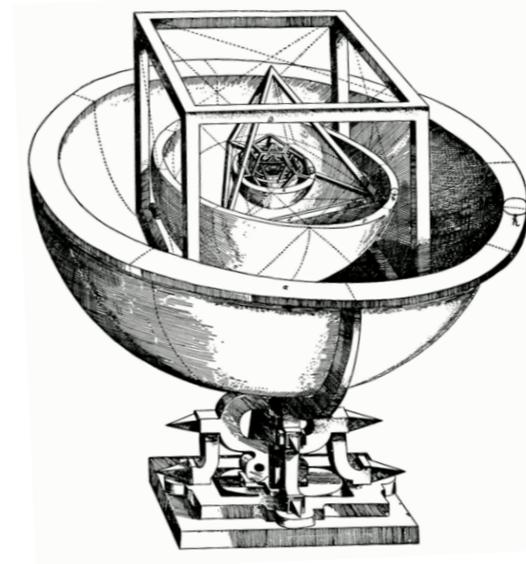
ヨハネス・ケプラー

Johannes Kepler
(1571-1630)



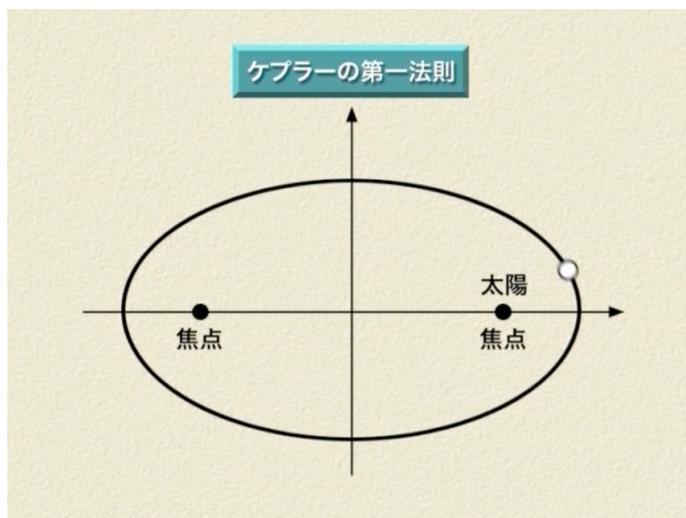
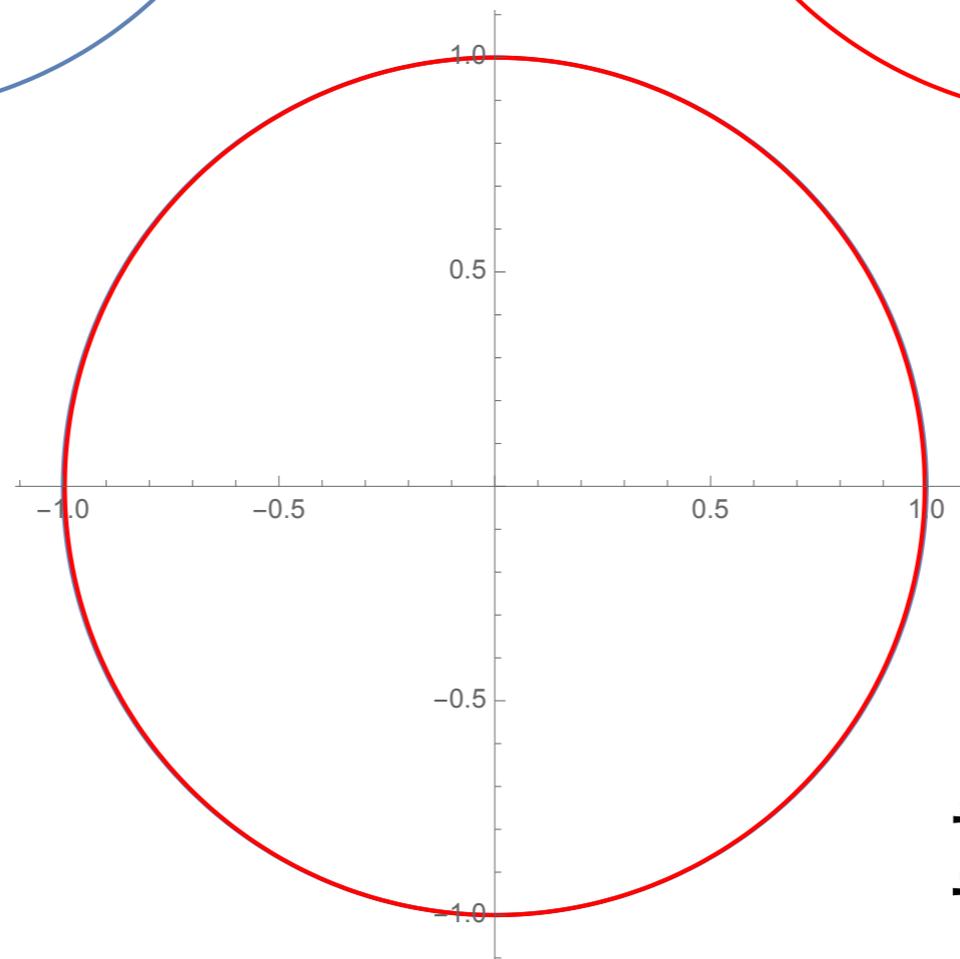
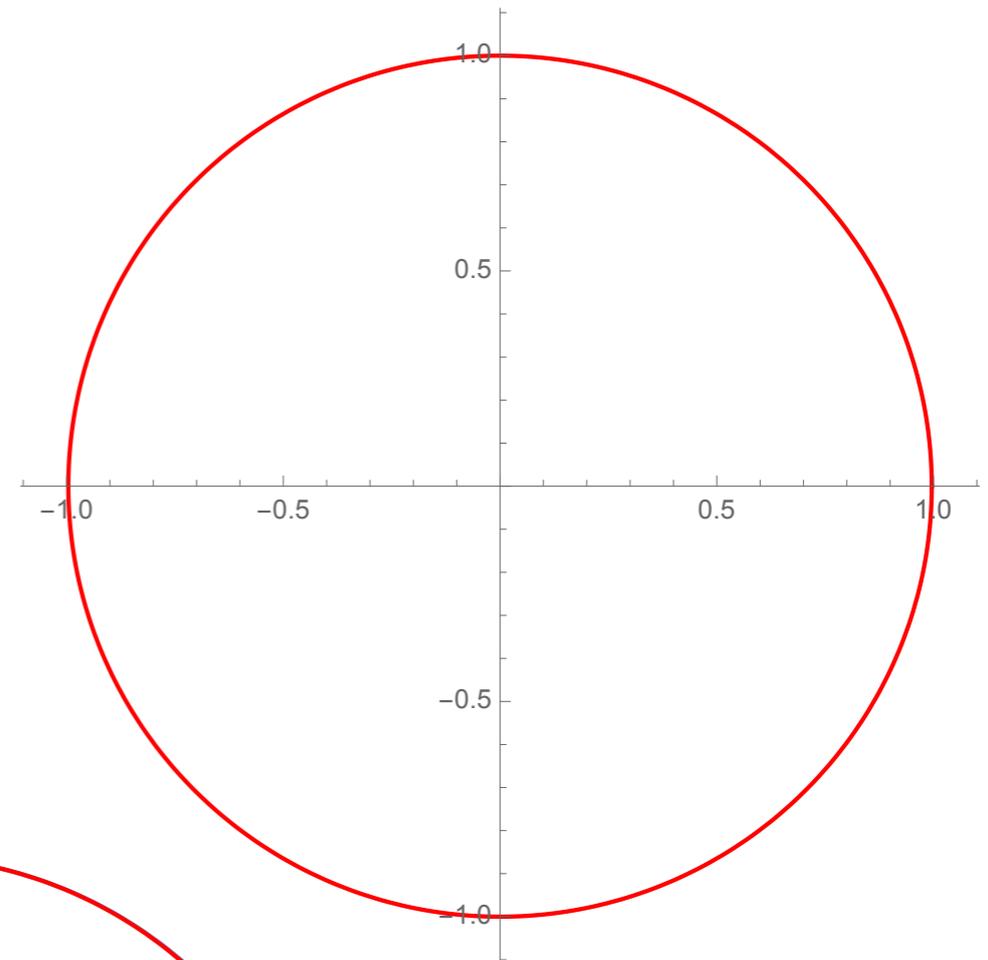
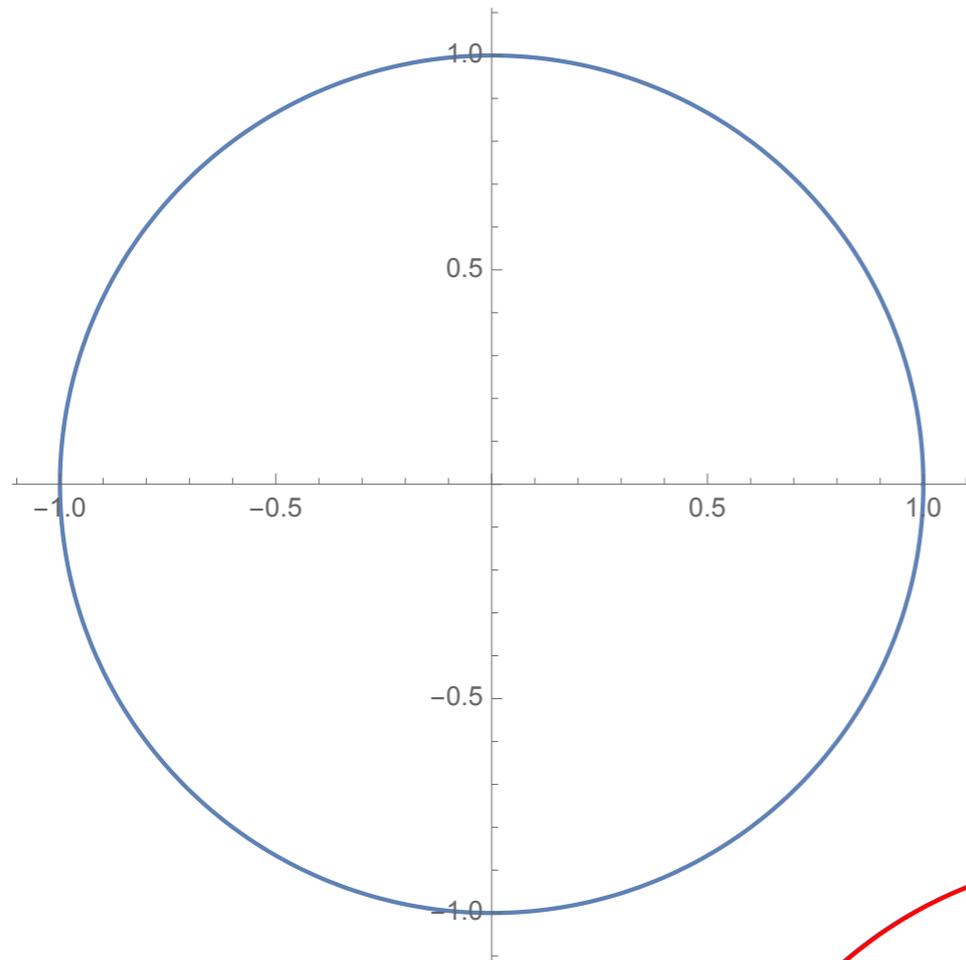
刻白爾

君は火星の担当



円

離心率0.09の円 (火星)



重ね合わせ

ケプラーの惑星の運動についての3法則 (1609,1618)

第1法則 楕円軌道の法則

惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

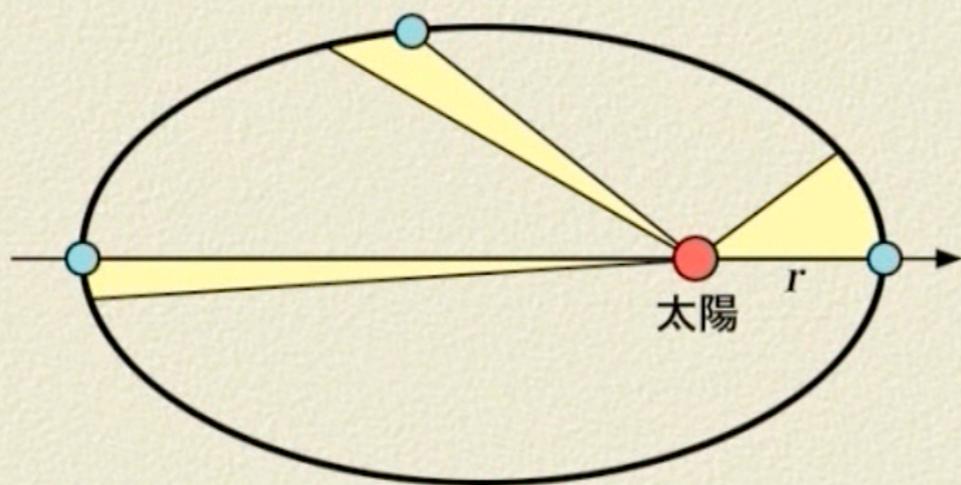
第2法則 面積速度一定の法則

太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）は、惑星それぞれについて一定である。

第3法則 T^2/R^3 一定の法則

惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径（長軸の長さの半分） R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。

ケプラーの第二法則



ケプラーの惑星の運動についての3法則 (1609,1618)

第1法則 楕円軌道の法則

惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

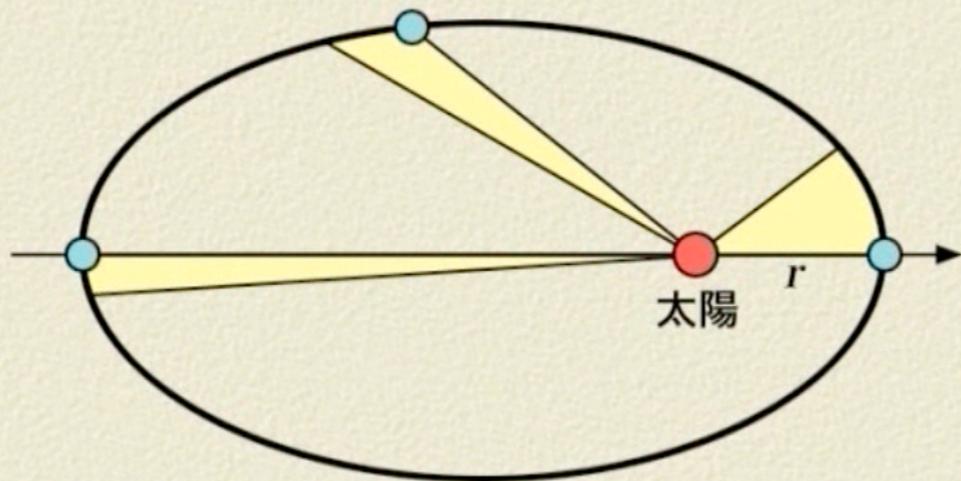
第2法則 面積速度一定の法則

太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）は、惑星それぞれについて一定である。

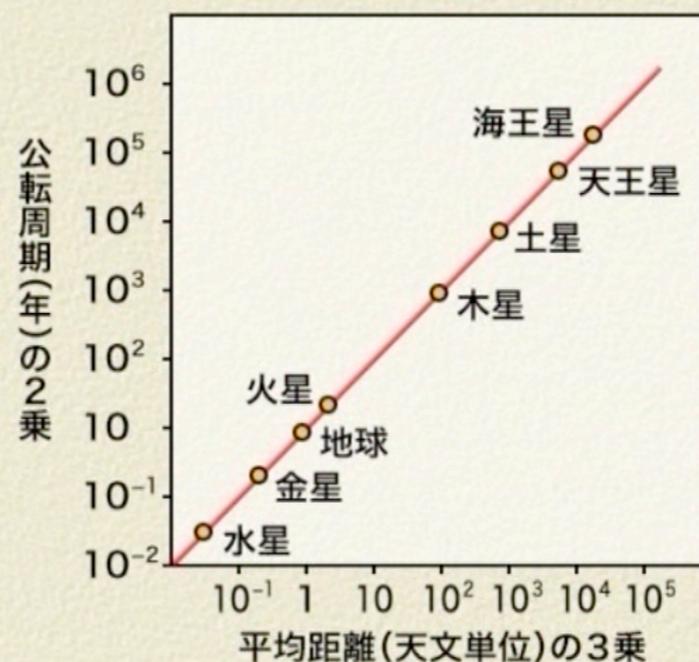
第3法則 T^2/R^3 一定の法則

惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径（長軸の長さの半分） R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。

ケプラーの第二法則



ケプラーの第三法則

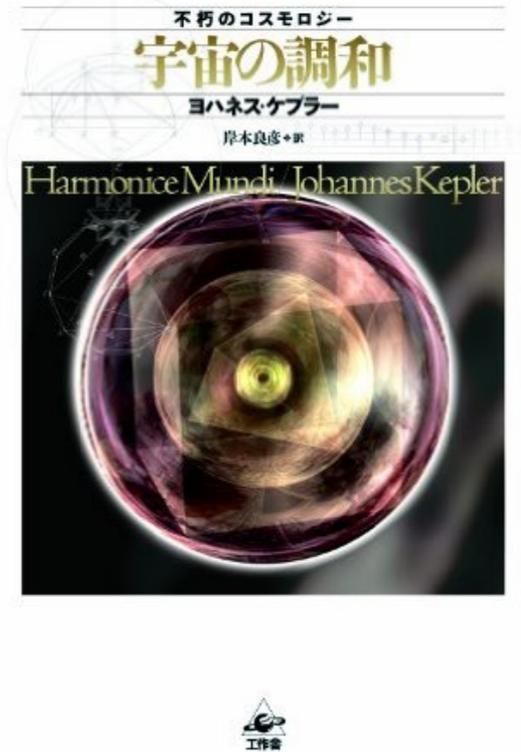


宇宙の調和 (Kepler, 1619)

正確な日付を求めるなら、この本当の比は、今年1618年3月8日に思い付いた。ところが、いざ計算してみると不運にもうまく行かなかったもので、いったんは誤りとして斥けた。結局、5月15日にそれが戻ってきて、新たなはずみをつけて私の知性の闇を一掃した。ブラーエの観測結果に取り組んだ私の17年間にわたる労力と現在のこの思索との一致をみごとに確認したので、初めは、夢を見ていて、求めた結果をあらかじめ前提の中に入れていた[論点先取の虚偽を犯している]ように思ったほどである。しかし、事柄は非常に確実に正確である。⑤ 2惑星の公転周期の比は、正確に平均距離つまり軌道そのものの比の2分の3乗になる[つまり、 $t^2 : T^2 = r^3 : R^3$]^{*034}。ただし、楕円軌道の長径と短径の算術平均は長径よりいくらか小さいことに注意する必要がある。

そこで、例えば地球の周期1年と土星の周期30年から得た比の3分の1乗つまり立方根を取り、この根を平方してその比の2乗を作れば、算出した数値に、太陽から地球と土星までの平均距離の非常に正しい比が得られる。すなわち、1の立方根は1で、その平方は1である。30の立方根は3より大きく、したがってその平方は9より大きい。実際、土星は太陽からの平均距離が太陽から地球までの平均距離の9倍よりいくらか高い。第9章で、離心値を明らかにするためにこの定理を用いる必要がある。

p424



perihelion of the lower. Therefore again, a certain part of my *Mysterium Cosmographicum*, which was suspended twenty-two years ago, because it was not yet clear, is to be completed and herein inserted. For after finding the true intervals of the spheres by the observations of Tycho Brahe and continuous labour and much time, at last, at last the right ratio of the periodic times to the spheres

though it was late, looked to the unskilled man, yet looked to him, and, after much time, came,

and, if you want the exact time, was conceived mentally on the 8th of March in this year One Thousand Six Hundred and Eighteen but unfortunately submitted to calculation and rejected as false, finally, summoned back on the 15th of May, with a fresh assault undertaken, outfought the darkness of my mind by the great proof afforded by my labor of seventeen years on Brahe's observations and meditation upon it uniting in one concord, in such fashion that I first believed I was dreaming and was presupposing the object of my search among the principles. But it is absolutely certain and exact that *the ratio which exists between the periodic times of any two planets is precisely the ratio of the $\frac{3}{2}$ th power of the mean distances, i.e., of the spheres themselves*, provided, however, that the arithmetic mean between both diameters of the elliptic orbit be slightly less than the longer diameter. And so if any one take the period, say, of the Earth, which is one year, and the period of Saturn, which is thirty years, and extract the cube roots of this ratio and then square the ensuing ratio by squaring the cube roots, he will have as his numerical products the most just ratio of the distances of the Earth and Saturn from the sun.¹ For the cube root of 1 is 1, and the square of it is 1; and the cube root of 30 is greater than 3, and therefore the square of it is greater than 9. And Saturn, at

天文学・物理学の受容

中国

春秋戦国時代：置閏法，連大配置法の暦

漢代：蓋天説，渾天説の宇宙論（論天説）

元：イスラム・アラビアの科学技術が伝わり，天体観測技術の水準が上がる

●1281-1644（元・明）：授時暦

1太陽年=365.2425日，
1朔望月=29.530593日

★天動説，ティコ・ブラーエの説

1620？『崇禎曆書』すうていれきしょ

『暦算全書』

1645『西洋新法曆書』

●1645-1911（清）：時憲暦

ドイツの宣教師アダム・シャル
中国最後の太陰暦（いわゆる旧暦）

1675『天経或問てんけいわくもん』

1680 日本に輸入され広まる

1730『天経或問』訓点本，
西川正休

1723，1738『曆象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー，楕円軌道・不等速運動説
（地動説含まず）

1742『曆象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

司馬江漢

1793『地球全図略説』

1796「和蘭天説」地動説に触れる

1808『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805？『夢の代』

日本

●862（貞観4）：宣明暦（せんみょうれき）

1639（寛永16）：鎮国

1643：宣教師キアラ(G.Chiara) 天文書持ち込む

C.Ferreira（沢野忠庵）・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が円くて天の中央にあることを肯定

●1685（貞享2）：貞享暦（じょうきょうれき），渋川春海

徳川吉宗，禁書令の緩和，西洋天文学を用いた改暦を指示

1733『暦算全書』翻訳，中根元圭

●1755（宝暦5）：宝暦暦（ほうりゃくれき）

1763年の日食を外す，1771年修正宝暦暦。しかし，
閏月計算に不具合発生。

大坂暦学派

三浦梅園

麻田剛立（1734-1799）

天文暦学研究，天体観測，消長法，『時中暦』

1786『実験録推歩法』，89？奇法発見？

1797？『五星距地之奇法』

間重富 1796？天行方数諸曜一之理

高橋至時

●1798（寛政10）：寛政暦

西洋天文学を取り入れた暦。

1802『新修五星法図説』

1804『ラランデ曆書管見』 ← 1803

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川景佑 1822『新修五星法』

高橋景保 『新巧曆書』 ←

●1844（天保15）：天保暦

日本最後の太陰暦（いわゆる旧暦）

渋川景佑 1846『新法曆書統編』

●1873（明治6）：太陽暦・グレゴリオ暦

ヨーロッパ

1543：コペルニクス
『天球の回転について』

1609：ケプラー『新天文学』

1619：ケプラー『世界の調和』

1632：ガリレイ『天文対話』地動説擁護

1687：ニュートン
『自然哲学の数学的諸原理』
（プリンキピア）

コペルニクスの太陽系説

長崎天文学派

本木良永（1735-1794）

訳語として惑星・視差・
近点・遠点など

1774『天地二球用法』 ←

1792『星術本原太陽窮理了解新制天地二球用法記』 ←

志筑忠雄（1760-1806）訳語として遠心力など

1798，1802『曆象新書』 ←

巻末に『混沌分判図説』独自の太陽系起源説
ラプラス・カントの星雲説(1796)とほぼ同時

Newton力学
Kepler 3法則

中東

●BC45：ユリウス暦，
カエサル
1太陽年=365.25日

●622：ヒジュラ暦

1年=354日

●1587：グレゴリオ暦，
グレゴリウス13世
1太陽年=365.2425日

W.J.Blaeu著
Tweevoudig onderwijs van de hemelse
en adressen globen
1666

J.Keill 著 J. Lulofs蘭訳
Inleiding tot de ware Natuur en
Sterrenkunde
1741

B. Martin 著 I.Tirion蘭訳
Natuurkunde
1744

G.Adams 著 J. Ploos蘭訳
Gronden der Starrenkunde
1770

J.-J. L. de Lalande著 (A.B. Strabbe蘭訳)
Astronomia of Sterrkunde
1773-80

中国

春秋戦国時代：置閏法，連大配置法の暦

漢代：蓋天説，渾天説の宇宙論（論天説）

元：イスラム・アラビアの科学技術が伝わり，天体観測技術の水準が上がる

●1281-1644（元・明）：授時暦

1太陽年=365.2425日，
1朔望月=29.530593日

★天動説，ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎暦書』すうていれきしよ

『暦算全書』

1645 『西洋新法暦書』

●1645-1911（清）：時憲暦

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰暦（いわゆる旧暦）

1675 『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738 『暦象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー，楕円軌道・不等速運動説
（地動説含まず）

1742 『暦象考成後編』宣教師ケーグラ

ニュートンの歳実

司馬江漢

1793 『地球全図略説』

日本

●862（貞観4）：宣明暦（せんみょうれき）

1639（寛永16）：鎖国

1643：宣教師キアラ(G.Chiaara) 天文書持ち込む

C.Ferreira（沢野忠庵）・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が円くて天の中央にあることを肯定

●1685（貞享2）：貞享暦（じょうきょうれき），渋川春海

徳川吉宗，禁書令の緩和，西洋天文学を用いた改暦を指示

1733 『暦算全書』翻訳，中根元圭

●1755（宝暦5）：宝暦暦（ほうりゃくれき）

1763年の日食を外す，1771年修正宝暦暦．しかし，
閏月計算に不具合発生．

大坂暦学派

麻田剛立（1734-1799）

天文暦学研究，天体観測，消長法，『時中暦』

1786 『実験録推歩法』，89? 奇法発見？

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798（寛政10）：寛政暦

西洋天文学を取り入れた暦．

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ暦書管見』 ← 1803

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

三浦梅園

長崎天文学派

本木良永（1735-1794）

1774 『天地二球用法』 ← 訳語近点

1792 『星術本原太陽窮理了解新』

志筑忠雄（1760-1806） ← 訳

1798, 1802 『暦象新書』 ←

巻末に『混沌分判図説』独自の

ラプラス・カントの星雲説(179

1543：コペルニクス『天球の回転について』

1609：ケプラー『新天文学』

1619：ケプラー『天文学の大成』

1632：ガリレオ『星の使者』

1687：ニュートン『自然哲学の数学的原理』

（プリンシピア）

訳語近点

訳

ラプラス・カントの星雲説(179

1太陽年=365.2425日,
1朔望月=29.530593日

★天動説, ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎曆書』すうていれきしよ

『曆算全書』

1645 『西洋新法曆書』

●1645-1911 (清) : 時憲曆

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

1675 『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738 『曆象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー, 楕円軌道・不等速運動説
(地動説含まず)

1742 『曆象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

司馬江漢

1793 『地球全図略説』

1796 「和蘭天説」地動説に触れる

1808 『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805? 『夢の代』

1643 : 宣教師キアラ(G.Chirara) 天文書持ち込む
C.Ferreira (沢野忠庵) ・向井元升 『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が丸くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享曆 (じょうきょうれき), 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改曆を指示

1733 『曆算全書』翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦曆 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦曆. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂曆学派

麻田剛立 (1734-1799)

天文曆学研究, 天体観測, 消長法, 『時中曆』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政曆

西洋天文学を取り入れた曆.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ曆書管見』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川景佑 1822 『新修五星法』

高橋景保 『新巧曆書』

●1844 (天保15) : 天保曆

日本最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

渋川景佑 1846 『新法曆書続編』

●1873 (明治6) : 太陽曆・グレゴリオ曆

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新』

志筑忠雄 (1760-1806)

1798, 1802 『曆象新書』

卷末に『混沌分判図説』独自の
ラプラス・カントの星雲説(17)

帆足萬里 1836 『窮理通』

1609 : ...
1619 : ケ
1632 : ガ
1687 : ニ
『自然哲
(プリン

天文学・物理学の受容

日本

●862 (貞観4) : 宣明曆 (せんみょうれき)

1639 (寛永16) : 鎖国

1643 : 宣教師キアラ(G.Chicara) 天文書持ち込む

C.Ferreira (沢野忠庵) ・向井元升 『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が円くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享曆 (じょうきょうれき) , 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改暦を指示

1733 『暦算全書』 翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦曆 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦曆. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂暦学派

三浦梅園

麻田剛立 (1734-1799)

天文暦学研究, 天体観測, 消長法, 『時中曆』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政曆

西洋天文学を取り入れた曆.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ曆書管見』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川曇佑 1822 『新修五星法』

ヨーロッパ

1543 : コペルニクス

『天球の回転について』

1609 : ケプラー 『新天文学』

1619 : ケプラー 『世界の調和』

1632 : ガリレイ 『天文対話』 地動説擁護

1687 : ニュートン

『自然哲学の数学的諸原理』
(プリンキピア)

コペルニクスの太陽系説

Newton力学
Kepler 3法則

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新制天地二球用法記』

志筑忠雄 (1760-1806) 訳語として遠心力など

1798, 1802 『暦象新書』

巻末に『混沌分判図説』独自の太陽系起源説
ラプラス・カントの星雲説(1796)とほぼ同時

中東

●BC45 : ユリウス曆,

カエサル

1太陽年=365.25日

●622 : ヒジュラ曆

1年=354日

●1587 : グレゴリオ曆,

グレゴリウス13世

1太陽年=365.2425日

W.J.Blaeu著
Tweevoudig onderwijs van de hemelse
en adressen globen
1666

J.Keill 著 J. Lulofs蘭訳
Inleiding tot de ware Natuur en
Sterrenkunde
1741

B. Martin 著 I.Tirion蘭訳
Natuurkunde
1744

G.Adams 著 J. Ploos蘭訳
Gronden der Starrenkunde
1770

J.-J. L. de Lalande著 (A.B. Strabbe蘭訳)
Astronomia of Sterrkunde
1773-80

広がる

広まる
本,

広れる

説を紹介

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改暦を指示

1733 『暦算全書』 翻訳, 中根元圭

● 1755 (宝暦5) : 宝暦暦 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦暦. しかし, 閏月計算に不具合発生.

コペルニクスの太陽系説

1680 日本に輸入され広まる

1730 『天経或問』 訓点本, 西川正休

大坂暦学派

三浦梅園

麻田剛立 (1734-1799)

天文暦学研究, 天体観測, 消長法, 『時中暦』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

● 1798 (寛政10) : 寛政暦

西洋天文学を取り入れた暦.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ暦書管見』

1803

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

訳語として惑星・視差・近点・遠点など

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新制天地二球用法記』

志筑忠雄 (1760-1806)

訳語として遠心力など

1798, 1802 『暦象新書』

巻末に『混沌分判図説』独自の太陽系起源説

ラプラス・カントの星雲説(1796)とほぼ同時

Newton
Kepler 3

1792

漢

『地球全図略説』

「和蘭天説」地動説に触れる

『刻白爾天文図解』地動説を紹介

番桃

5? 『夢の代』

渋川景佑 1822 『新修五星法』

高橋景保 『新巧暦書』

帆足萬里 1836 『窮理通』

● 1844 (天保15) : 天保暦

日本最後の太陰暦 (いわゆる旧暦)

渋川景佑 1846 『新法暦書続編』

● 1873 (明治6) : 太陽暦・グレゴリオ暦

1太陽年=365.2425日,
1朔望月=29.530593日

★天動説, ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎曆書』すうていれきしよ

『曆算全書』

1645 『西洋新法曆書』

●1645-1911 (清) : 時憲曆

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

1675 『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738 『曆象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー, 楕円軌道・不等速運動説
(地動説含まず)

1742 『曆象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

1680 日本に輸入され広まる
1730 『天経或問』訓点本,
西川正休

1643 : 宣教師キアラ(G.Chirara) 天文書持ち込む
C.Ferreira (沢野忠庵)・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が丸くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享曆 (じょうきょうれき), 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改曆を指示

1733 『曆算全書』翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦曆 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦曆. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂曆学派

麻田剛立 (1734-1799)

天文曆学研究, 天体観測, 消長法, 『時中曆』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政曆

西洋天文学を取り入れた曆.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ曆書管見』

三浦梅園

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新』

志筑忠雄 (1760-1806)

1798, 1802 『曆象新書』

卷末に『混沌分判図説』独自の
ラプラス・カントの星雲説(1796)

司馬江漢

1793 『地球全図略説』

1796 『和蘭天説』地動説に触れる

1808 『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805? 『夢の代』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川景佑 1822 『新修五星法』

高橋景保 『新巧曆書』

帆足萬里 1836 『窮理通』

●1844 (天保15) : 天保曆

日本最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

渋川景佑 1846 『新法曆書続編』

●1873 (明治6) : 太陽曆・グレゴリオ曆

1609 : ケ

1632 : ガ

1687 : ニ

『自然哲

(プリン

訳語

近

訳

五星本天皆以地爲心

新法曆書言五星。古圖以地爲心。新圖以日爲心。及觀西人第谷推步均數。土木金水四星仍以地爲心。惟火星以日爲心。嘗推火星亦以地爲心立算。其得數與彼相同。乃知第谷之推步火星。不過虛立巧算之法。非真謂火星天獨以日爲心也。然則新法曆書之新圖。五星皆以日爲心者何也。蓋金水二星以日爲心者。乃其本輪。非本天也。土木火三星以日爲心者。乃次輪上星行距日之跡。亦非本天也。土木火三

御製

上

卷九

五星本天皆以地爲心

五

星之次輪半徑最大。與日天半徑畧等。星距次輪最遠之度。又與次輪心距日之度等。以星行距日之跡觀之。卽成大圓。而爲繞日之形。其理與日躔連本輪行度成不同心天者相似。然星之自行又有高卑。其距日不無遠近。謂其成繞日之形則可。謂其成不同心天則不可也。雖曆家巧算之術。以次輪設於本天。與以次輪設於地心成不同心天者。理本相通。然必次輪半徑與日距地半徑等。方可以日爲心作不同心天立算。今土木二星之次輪半徑有定數。而日距

地則有高卑。火星次輪半徑雖有太陽高卑差。而又有本天高卑差。終與日距地半徑不等。則與其設次輪於地心。不如設次輪於本天之爲便也。由是觀之。五星之本天皆以地爲心可知矣。新法曆書又言。舊說有謂七政之左旋。非七政之行。乃地自西徂東。日行一周。治曆之家。以爲非理。故無取焉。而近日又有復理其說者。殆欲以地之東行。而齊諸曜之各行耳。究之諸曜之行終不能齊。何若以一靜而驗諸動之易明乎。

御製

上編

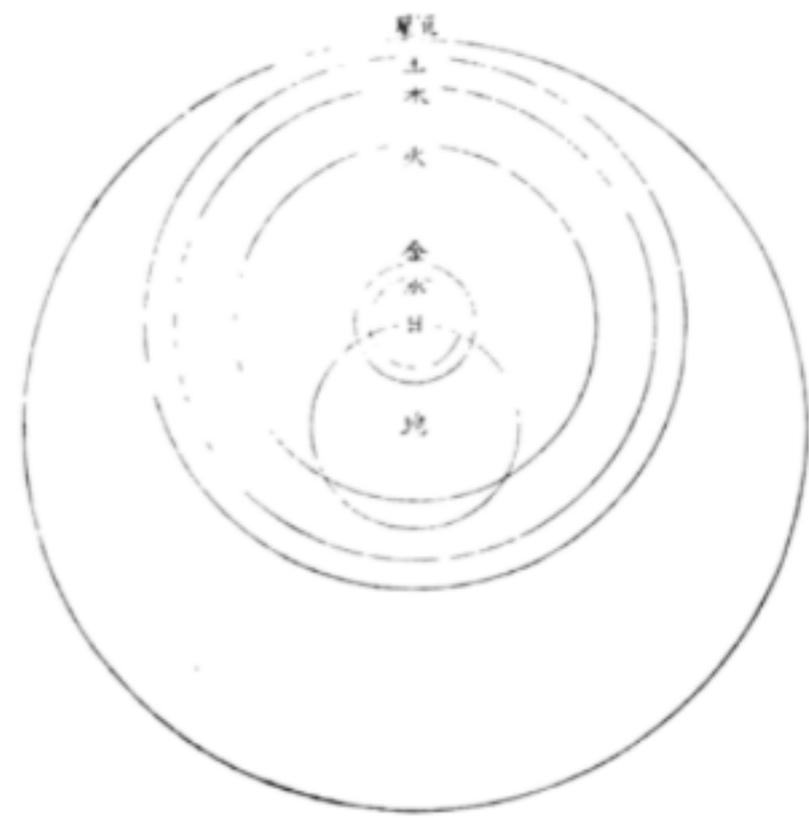
卷九

五星本天皆以地爲心

六



古圖。五星各有本天。重重包裹。土木火三星常在日。上。名爲上三星。金水常在日下。名爲下二星。今考五星。惟土木二星常在日上。火金水三星。能在日上。亦能在日下。則重重包裹之說。特其大槩耳。此古圖不如新圖之密也。



新圖。五星皆以日爲心。土木二星圈甚大。包日天之外。故常在日上。火星圈亦大。但不能包日天。而割入日天之內。故有時在日之下。金水二星圈甚小。不惟不能包日天。併不能包地。故不能衝日。然金水之本天卽日天。此圍日者。乃其

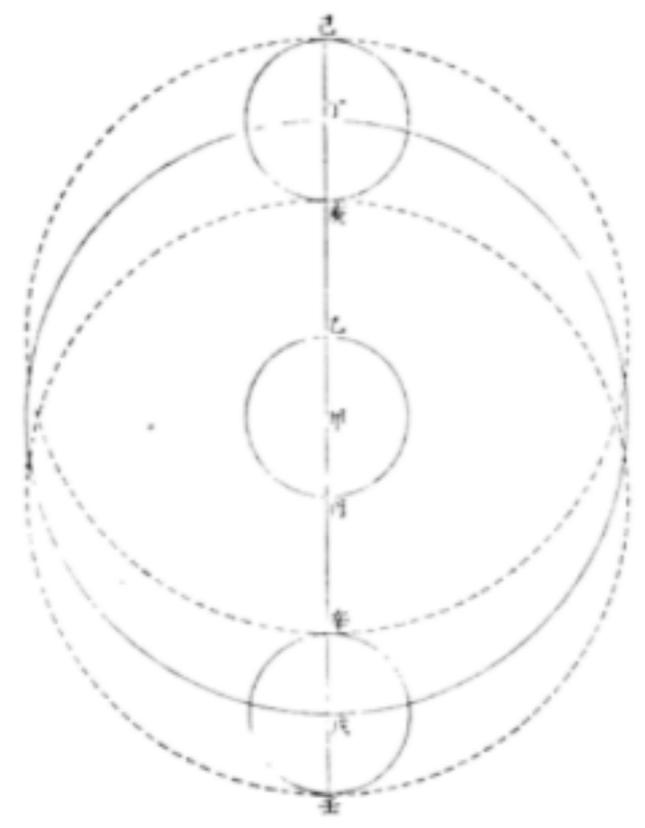
御製

上編

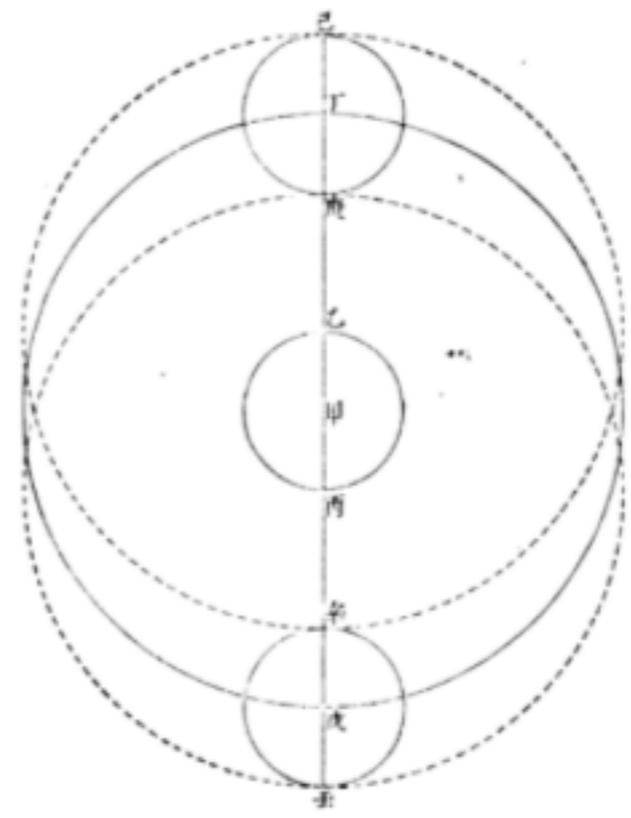
卷九

五星本天皆以地爲心

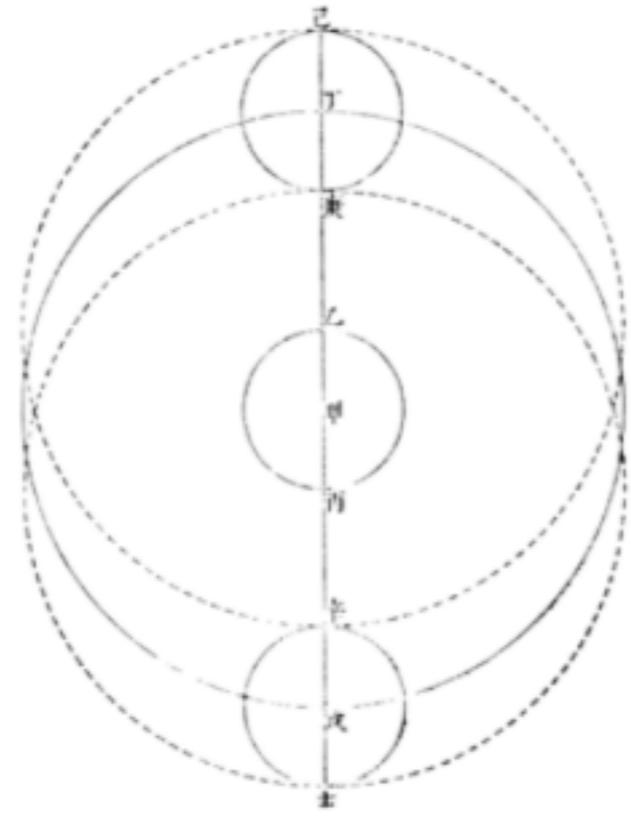
七



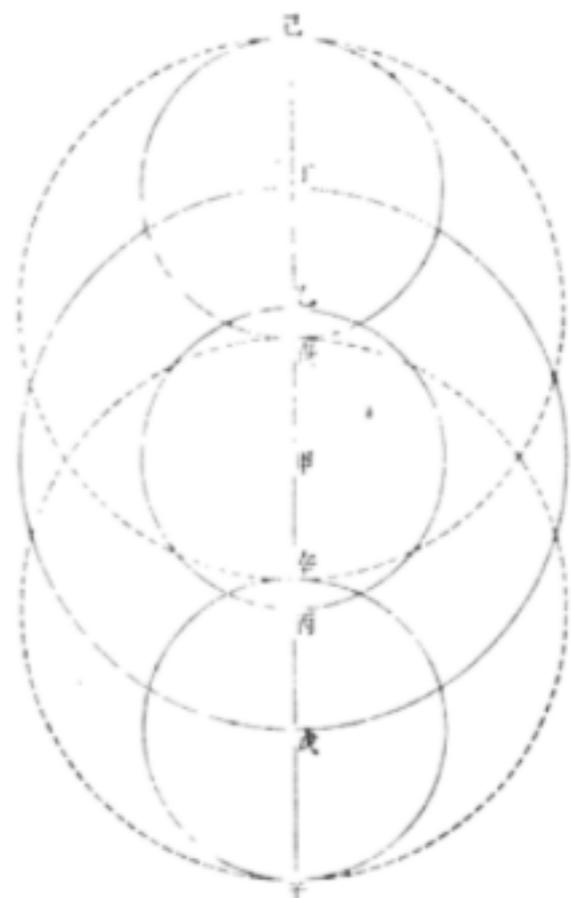
本輪也。土木火亦各有本天。此圍日者。乃次輪上星行距日之跡也。下圖詳之。土木二星之本天大。次輪小。土星次輪半徑爲本天半徑十分之一。強。木星次輪半徑爲本天半徑十分之二。弱。如圖。甲爲地心。乙丙爲日本天。丁戊爲星本天。己庚與辛壬皆爲次輪。如日在乙。次輪



心在丁。星在己。日行至丙。星亦行至庚。庚丙之相距。與己乙之相距等也。或日在丙。次輪心在戊。星在壬。日行至乙。星亦行至辛。辛乙之相距。與壬丙之相距等也。星之距日既隨在皆相等。則連其軌迹。卽成圍日之形矣。試用己乙之距



爲半徑作圈。卽成己辛圈。爲星行軌迹所到。而以乙日爲心。或用庚丙之距爲半徑作圈。卽成庚壬圈。亦爲星行軌迹所到。而亦以丙日爲心也。雖各星自行亦有高卑。其距日不無遠近之差。要不能改其圍日之大致耳。



火星之本天。小於土木二
 星之本天。而次輪則大。火
 次輪半徑。為本天。星
 半徑十分之六強。如圖。甲
 為地心。乙丙為日本天。丁
 戊為星本天。己庚與辛壬
 皆為次輪。己辛圈以乙日
 為心。庚壬圈以丙日為心。
 皆為次輪上星行軌迹所
 到。悉與土木二星同。但其

五星本天皆以地為心

九

次輪甚大。割入日天之內。
 星行至此。即在日之下也。

GORYU

有限会社中野酒造 みろく酒造株式会社
トップページ | サイトマップ | お問い合わせ

麻田剛立について

商品のご案内

ゴーリューのこだわり

お客様の声

麻田剛立 - Goryu Asada

ハイカラ・ジャパネスク
その天文学者、じつに和洋折衷

Who is 麻田剛立(あさだごうりゅう)

地動説を唱え「それでも地球は回っている」と言ったガリレオから130年、豊後の国杵築藩で「太陽が再び欠ける」と、当時の暦にない皆既日食を予測した日本人が居ました。麻田剛立。後に日本の暦を近代化する事となる天文学者です。

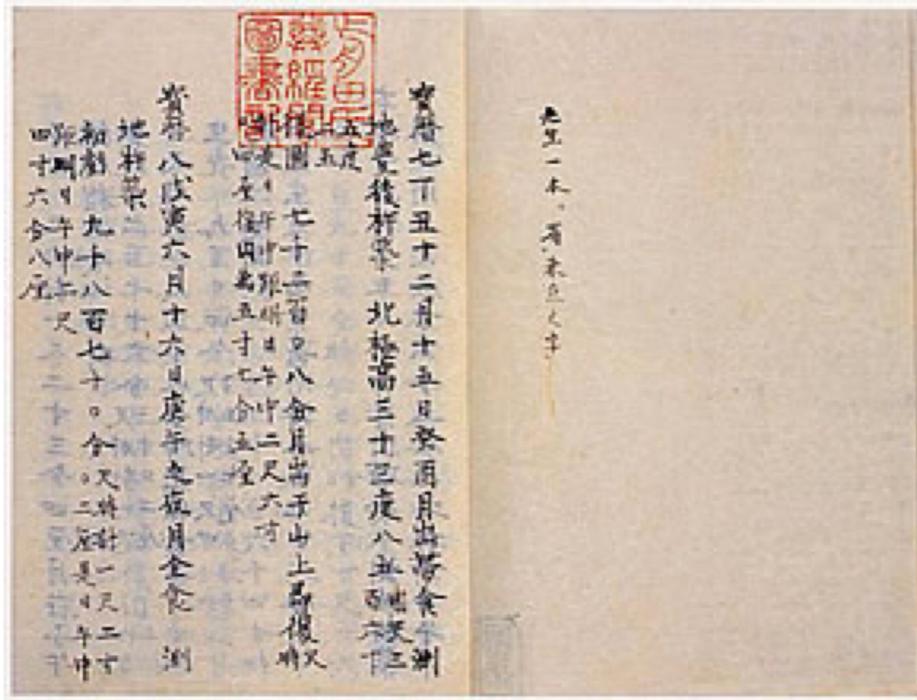
習わしや言い伝えが根強く残る侍たちの時代にあって、剛立はひたすらに天を仰ぎ続け、観測結果、すなわち事実を重んじました。

事実に基づいて日にちを刻み、今では常識となった天体の法則を導き出し、それまで日本人が見たこともなかった月のクレーターをも見いだしました。

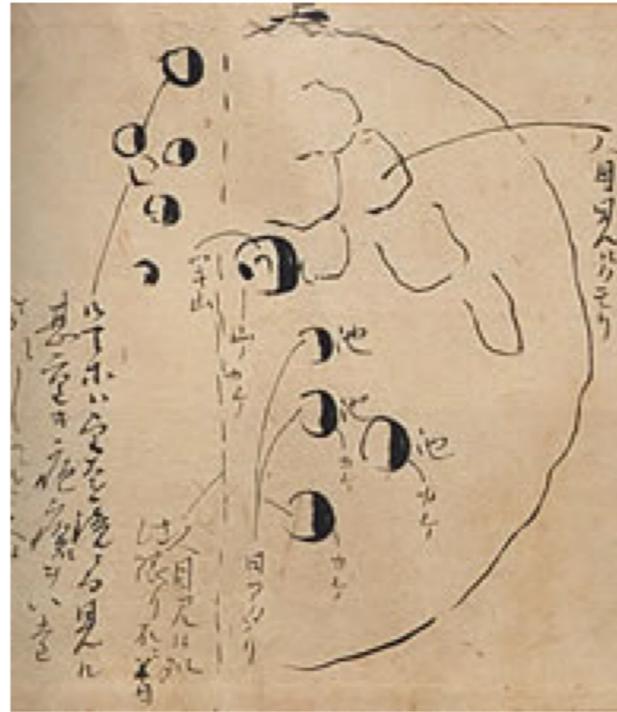
剛立は、舶来の反射望遠鏡や西洋の理論を上手に用いて、自らの考えを確認していったといえます。

その数々の功績は後世に認められ、今では月面クレーターの一つに「クレーター・アサダ」という名前がつけられています。アインシュタインやケプラーといった大科学者たちと同じように、です。また、伊能忠敬は麻田剛立の天体観測技術を使うことで、高度な測量を行うことができました。





麻田家両食実測



日本最古の月面観測図



杵築市北台の町並み



反射望遠鏡



青銅製の渾天儀



象限儀



あやべ やすあき
麻田剛立 (綾部 妥彰)

(1734-1799)

1772年大坂へ出て改名
天文私塾「先事館」

山本彦九郎

紙屋九右衛門

(?-?)天体観測器

(?-?)屈折望遠鏡

1782年入門

間 重富

(1756-1816)
天文曆学書



高橋至時

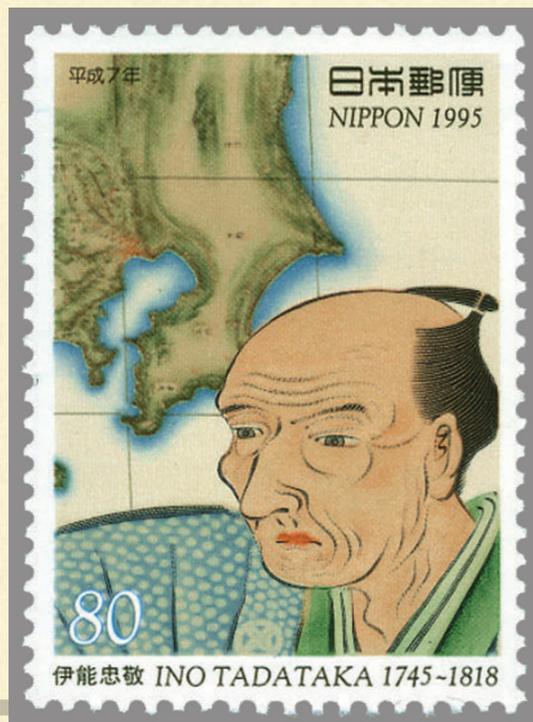
(1764-1804)
暦の数値計算



『ラランデ曆書管見』

伊能忠敬

(1745-1818)



1797年
寛政暦

麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

根拠とされる文献

- 『五星距地之奇法 (1796–98 頃?)』 (図 5 に全文掲載). 麻田が著したと考えられるものを麻田の門人である西村太沖¹⁴による写本と考えられている.
- 『新修五星法図説 (1802)』 麻田の門人である高橋至時による著の一部 (図 5 [右] の解説文中にあり). 同じ記載が『新修五星法 (1822)』 渋川景佑¹⁵による著の一部 (図 6) にもある.
- 『ラランデ暦書管見 (1804)』 高橋至時
- 『星学続稿』 5 の 1224 章, 間重富
- 『寛政暦書続録』 卷 3, 渋川景佑

1太陽年=365.2425日,
1朔望月=29.530593日

★天動説, ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎曆書』すうていれきしよ

『曆算全書』

1645 『西洋新法曆書』

●1645-1911 (清) : 時憲曆

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

1675 『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738 『曆象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー, 楕円軌道・不等速運動説
(地動説含まず)

1742 『曆象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

1680 日本に輸入され広まる
1730 『天経或問』訓点本,
西川正休

1643: 宣教師キアラ(G.Chirara) 天文書持ち込む
C.Ferreira (沢野忠庵)・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が丸くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享曆 (じょうきょうれき), 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改曆を指示

1733 『曆算全書』翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦曆 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦曆. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂曆学派

麻田剛立 (1734-1799)

天文曆学研究, 天体観測, 消長法, 『時中曆』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行力数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政曆

西洋天文学を取り入れた曆.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ曆書管見』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

司馬江漢

1793 『地球全図略説』

1796 「和蘭天説」地動説に触れる

1808 『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805? 『夢の代』

渋川景佑 1822 『新修五星法』

高橋景保 『新巧曆書』

帆足萬里 1836 『窮理通』

●1844 (天保15) : 天保曆

日本最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

渋川景佑 1846 『新法曆書続編』

●1873 (明治6) : 太陽曆・グレゴリオ曆

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新』

志筑忠雄 (1760-1806)

1798, 1802 『曆象新書』

卷末に『混沌分判図説』独自の
ラプラス・カントの星雲説(17)

1609: ...
1619: ケ
1632: ガ
1687: ニ
『自然哲
(プリン

五星距地之奇法 (麻田剛立著? 1797? 西村太沖蔵)

五星距地之奇法
 諸曜ノ運行地ヲ距ルハ地動ノ説ニ由レ也 遠近ニ
 依テ其行ノ遲速齊シカラサル猶垂球ノ長短ニ
 依テ其往來齊シカラサルカ如シ夫ノ垂球往來
 ノ比例ヲナス長球往來ノ方數ト短球往來ノ方
 數トハ短球ノ尺ト長球ノ尺トノ如シ蓋シ諸曜
 ノ運行ハ猶球ノ往來ノ如ク地ヲ距ル遠近ハ猶
 垂尺ノ如シ唯球ト天行ト氣質ノ同シカラサル
 故ニ其勢ヒ齊シカラサルニ似タリ然リト雖モ
 其往來運行ノ方數ヨリ變化シ遂ニ其準ヲナス⁽¹⁾
 ニ至テハ天行球行俱ニ同キ所口アルカ如シ故
 ニ數ノ自乘開方ヨリ變化シ來ルモノハ皆著明
 ノ巨數ニシテ其數ノ實測ニ近キモノハ必ス真
 數トナリ未タ其真ヲ得サルモノハ實測ト相離
 ル必ス遠シ紛々タル細數交リ出テ、崇リヲ真
 假ノ間ニナスノ類ニハ非ス蓋シ日ト五星ト俱
 ニ地ヲ心⁽²⁾地動ノ説ニ由レハ地トスル故其本
 天半徑ヲ得ル俱ニ一法ニヨル然シテ月ハ全ク
 地ニ屬ス地動ノ説ニ由テ之ヲ觀レハ月ノ地ヲ
 環行スル猶四小星ノ木星ヲ環行スル^(1ウ)
 カ如故ニ地トノ比例又自ラ一法トナル其開乘
 ノ易簡ニシテ最モ奇ナルモノハ木星ノ四小星



本星一周之年數、自乘之、立方開之、得本天半徑

一周之年數、自乘之、立方開之、得本天半徑

ニシクナシ然シテ月ハ一物ニシテ外ニ徴スヘ
 キノ類ナシ故ニ開乘中其真數ヲ得ルト云トモ
 法ノ臆シテ真ナルカ徹底シカタクシ木星ノ四小
 星ノ如キ類ヲナスモノ四ニシテ其法ノ真假僅
 ニ徴スルニ足ルト雖モ其實測未タ密ナラサレ
 ハ亦確據トナシカタクシ唯五星ト日トハ古今ノ
 實測略備リ其類亦多シ故ニ其法ノ必ス真ニシ⁽²⁾
 テ實測ト其準ヲ得ルモノヲ左ニ記スノミ
 日一周天⁽¹⁾地動ノ説ニ由レ為一
 日本天半徑⁽²⁾地動ノ説ニ由レ為一
 或ハ水星ヲ用テ一トシ土星ヲ用テ一トスル
 モ其法皆同シ
 土星一周天、日二十九周四二一七余、⁽³⁾合伏ヨリ合
 分秒ト日ノ平行トヲ用テ自乘之、立方開之、得
 九五三〇四二、即本天半徑、^(2ウ)次輪心地心ヲ距ル
 ヨレハ星日
 ヲ距ル數也
 木星一周天、日一十一周八五六〇余、自乘之、方立
 開之、得五一九九四七、即本天半徑、
 火星一周天、日一周八八〇七三余、自乘之、立方開
 之、得一五二三六五、即本天半徑、
 金星一周天、日一周^(1ウ)滿タス六一五二余、自乘之、
 立方開之、得〇七二三三五、即本天半徑、
 水星一周天、日一周^(1ウ)滿タス二四〇八五余、自乘之、
 立方開之、得〇三八七一、即本天半徑、
 右ハ唯其法ヲ記スノミ細尾ノ數ヲ必トセス^(3ウ)

ドイツの天文学者ケプラーは、一六一
 九年、「惑星の公転周期の二乗は、太陽か
 らの平均距離の三乗に比例する」とする
 いわゆる第三法則を発見した。麻田剛立
 は、この学説が日本に伝わる以前から、
 独自にその法則を発見していたと言われ
 る。その根拠の一つが、剛立の門人高橋
 至時による「以五星一周日数及歳周求五
 星本天半徑、置本星一周日数⁽¹⁾以歳周除之、
 得本星一周之年數、立方開之、得商、自
 乘之、得本星本天半徑與日天半徑比例數
 是麻田翁⁽²⁾「新修五星法図説」との記述で
 ある。
 『五星距地之奇法』は、この「麻田翁
 所創法」の内容を今日に伝える唯一の書
 物であり、同じく剛立の門人である西村
 太沖による写本と考えられている。

1太陽年=365.2425日,
1朔望月=29.530593日

★天動説, ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎曆書』すうていれきしよ

『曆算全書』

1645 『西洋新法曆書』

●1645-1911 (清) : 時憲曆

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

1675 『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738 『曆象考成』上下編

『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー, 楕円軌道・不等速運動説
(地動説含まず)

1742 『曆象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

司馬江漢

1793 『地球全図略説』

1796 「和蘭天説」地動説に触れる

1808 『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805? 『夢の代』

1643 : 宣教師キアラ(G.Chirara) 天文書持ち込む
C.Ferreira (沢野忠庵)・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が丸くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享曆 (じょうきょうれき), 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改曆を指示

1733 『曆算全書』翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦曆 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦曆. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂曆学派

麻田剛立 (1734-1799)

天文曆学研究, 天体観測, 消長法, 『時中曆』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政曆

西洋天文学を取り入れた曆.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ曆書管見』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川景佑 1822 『新修五星法』

高橋景保 『新巧曆書』

●1844 (天保15) : 天保曆

日本最後の太陰曆 (いわゆる旧曆)

渋川景佑 1846 『新法曆書続編』

●1873 (明治6) : 太陽曆・グレゴリオ曆

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新』

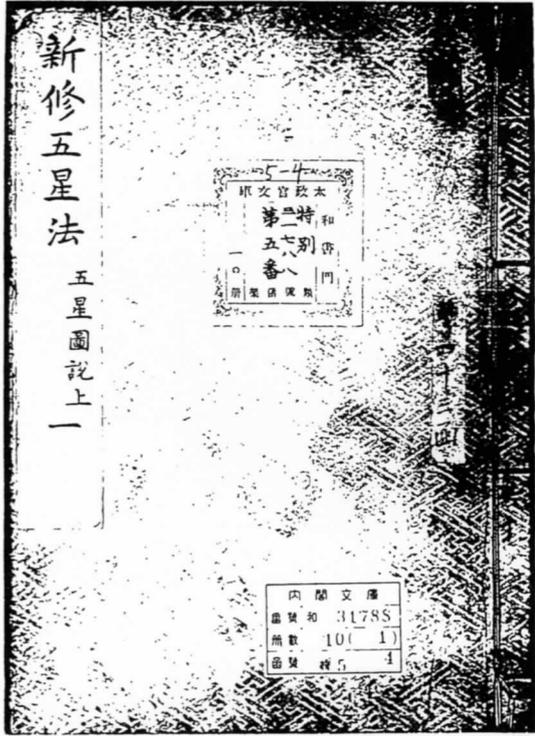
志筑忠雄 (1760-1806)

1798, 1802 『曆象新書』

卷末に『混沌分判図説』独自の
ラプラス・カントの星雲説(17)

帆足萬里 1836 『窮理通』

新修五星法 (渋川景佑, 1822)



水二星特不建本天而水星獨行次輪心三倍引數其軌蹟不為圓形而畧為三角形悟其法未盡善矣遠寬政二年庚戌十二月始得見和蘭曆法其五星一周日數皆多增於時憲曆法之數者亦按其立法之意有與時憲書異者因覺五星之精法備于西洋於是東西奔走求見其書而不得矣遂至六年甲寅以天明二年壬寅天正冬至為元立金水次輪高卑差設推金星又法并推水星初均又法以修正舊法而依安彰之求五星本天半徑與日天半徑之比例

法及求五星次輪半徑通法以考求太陽及五星本輪半徑通法由是而悟五星本天半徑當用其與日天半徑之比例數遂論時憲曆法火星特立高卑差他四星無其差亦論定高卑差之理反於視法又得西書烏軒思可勒中土星帶輪圖并土水二星附小星一周日數及地動儀說益檢求西書不已故謂夫實測則曆法亦隨疎見漢土古曆法及測數足以證焉實測密則曆法亦隨精見西洋之推測亦足以證焉七年乙卯初夏蒙

求五星本天半徑說
求五星本天半徑者先定五星距節氣一周之日數予以所親測與第谷之測比較推算而所得者為土星一萬〇七百五十一日〇四〇七九八水星四千三百三十一日四三八五九火星六百八十六日九二八三三七八金星二百二十四日六九五四三三七四水星八十七日九六八三四七〇一七六

或第谷門人置本星一周天日數以歲周三百六十五日二四二三五除之為本星一周之年數立方開之得高自乘之得本星本天半徑與日天半徑之比例數是麻田安彰為土星九倍五三二七七八水

新修五星法附言
先考伊能忠敬書曰凡測量家之可為專要者小致天則難得精密警諸測器刻象限儀或地平經儀之度分先度半徑取六十度折半之為三十度又折半一十五度又三除五度又五歸為一度是為割儀器度分之定法也不若是則難得真度分矣亦撰曆法定諸曜之行度率唯以自己生涯之實測則借使長生僅不過四五十年報因其測數速及數千萬

微到于江戶見西洋究理書載六曜一周日數及五星本天半徑與日天半徑之比例數其數與安彰嘗所算定者畧等又得和蘭曆法并用表法於是從地數說改推金星又法新畫五星經度之圖以立新法但和蘭曆法金星遠心云者是距太陽最速之處即最高點矣而指其衝為最高曆象考成亦同共以最高為最高誤矣仍新法改焉云尋以與改曆之舉姑舍其業更採曆象考成後編法撰修官曆而五星法以後編缺之姑從其下編法矣先考常憾焉後得

和蘭曆表一卷以比較曆象考成上編七曜平行及五星一周日數亦知西法之五星一周大於官曆十二年庚申春二月得見西人陪斯瑪爾丁魯羅弗等究理書天地二球用法及啟墨兒昆迭試取此考其應用諸數大同小異而其書專以究理為本故特論星學之繁不及步法之言已又據崇禎曆書所載四大家之實測及二百恒年表求古今歲實七曜諸平行度率與曆象考成上下二編所載之行度率比較且恐如前法主地動說則頗惹世人之疑惑更據

載是百年以降之測數也故此於第谷之測數異又依前法求得者皆合於此數而其尾位微不合因所用一周日數小異也西書記五星一周之日數乃為土星一萬〇七百五十九日六時三十六分二十六秒水星四千三百三十二日一十二時二十一分三十五秒金星二百二十四日一十六時四十九分三十四秒水星八十七日二十三時一十五分五十三秒太陽三百六十五日六時九分三十秒

球書及時斯是亦係新測而其數皆大於予之所定因考之西書所記乃距恒星之一周也予之所定乃距節氣之一周也故不相合耳試用西書所載之五星一周數欲依法求其五星本天半徑其一周年數皆有奇零布算頗艱故少變法置恒星歲實化秒自乘之立方開之得高為通法又置本星一周化秒自

麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

根拠とされる文献

- 『五星距地之奇法 (1796-98 頃?)』 (図 5 に全文掲載). 麻田が著したと考えられるものを麻田の門人である西村太沖¹⁴ による写本と考えられている.
- 『新修五星法図説 (1802)』 麻田の門人である高橋至時による著の一部 (図 5 [右] の解説文中にあり). 同じ記載が『新修五星法 (1822)』 渋川景佑¹⁵ による著の一部 (図 6) にもある.
- 『ラランデ暦書管見 (1804)』 高橋至時
- 『星学続稿』 5 の 1224 章, 間重富
- 『寛政暦書続録』 卷 3, 渋川景佑

麻田派の身内による文章のみ

本人は著作が少ない

同時期に蘭学書の翻訳すすむ

麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

上原貞治

A. 麻田剛立が独自に法則を発見した.

あるいは

麻田派の身内による文章のみ

本人は著作が少ない

同時期に蘭学書の翻訳すすむ

B. 中山茂 渡辺敏夫

1. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書あるいはその翻訳原稿に書かれたケプラーの第3法則を知った.
2. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書の内容を知り得て、アイデアを得た.
3. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書を見て、内容を理解できなかったが、数字からアイデアを得た.

麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

上原貞治

A. 麻田剛立が独自に法則を発見した。

あるいは

中山茂

渡辺敏夫

1. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書あるいはその翻訳原稿に書かれたケプラーの第3法則を知った。
2. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書の内容を知り得て、アイデアを得た。
3. 麻田剛立がなんらかの形で蘭学書を見て、内容を理解できなかったが、数字からアイデアを得た。



真偽不明



麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

根拠とされる文献

- 『五星距地之奇法 (1796–98 頃?)』 (図 5 に全文掲載). 麻田が著したと考えられるものを麻田の門人である西村太沖¹⁴ による写本と考えられている.
- 『新修五星法図説 (1802)』 麻田の門人である高橋至時による著の一部 (図 5 [右] の解説文中にあり). 同じ記載が『新修五星法 (1822)』 渋川景佑¹⁵ による著の一部 (図 6) にもある.
- 『ラランデ暦書管見 (1804)』 高橋至時
- 『星学続稿』 5 の 1224 章, 間重富
- 『寛政暦書続録』 卷 3, 渋川景佑

麻田派の身内による文章のみ

本人は著作が少ない

同時期に蘭学書の翻訳すすむ

中山 [10] は、次のように記している.

志筑忠雄は寛政改暦以前にあって『暦象考成』を批判し、中国の水準をすでに抜いていたということが出来る. 麻田一統が『暦象考成』を有難がって読んでいる間に、志筑忠雄はケイルをマスターした上で、『暦象考成』を批判できたのである.

天文学・物理学の受容

日本

●862 (貞観4) : 宣明暦 (せんみょうれき)

1639 (寛永16) : 鎖国

1643 : 宣教師キアラ(G.Chiara) 天文書持ち込む

C.Ferreira (沢野忠庵) ・向井元升 『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が円くて天の中央にあることを肯定

●1685 (貞享2) : 貞享暦 (じょうきょうれき) , 渋川春海

徳川吉宗, 禁書令の緩和, 西洋天文学を用いた改暦を指示

1733 『暦算全書』 翻訳, 中根元圭

●1755 (宝暦5) : 宝暦暦 (ほうりゃくれき)

1763年の日食を外す. 1771年修正宝暦暦. しかし,
閏月計算に不具合発生.

大坂暦学派

三浦梅園

麻田剛立 (1734-1799)

天文暦学研究, 天体観測, 消長法, 『時中暦』

1786 『実験録推歩法』, 89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

問 重富 1796? 天行方数諸曜帰一之理

高橋至時

●1798 (寛政10) : 寛政暦

西洋天文学を取り入れた暦.

1802 『新修五星法図説』

1804 『ラランデ暦書管見』

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川曇佑 1822 『新修五星法』

ヨーロッパ

1543 : コペルニクス

『天球の回転について』

1609 : ケプラー 『新天文学』

1619 : ケプラー 『世界の調和』

1632 : ガリレイ 『天文対話』 地動説擁護

1687 : ニュートン

『自然哲学の数学的諸原理』
(プリンキピア)

コペルニクスの太陽系説

長崎天文学派

本木良永 (1735-1794)

1774 『天地二球用法』

1792 『星術本原太陽窮理了解新制天地二球用法記』

志筑忠雄 (1760-1806) 訳語として遠心力など

1798, 1802 『暦象新書』

巻末に『混沌分判図説』独自の太陽系起源説
ラプラス・カントの星雲説(1796)とほぼ同時

Newton力学
Kepler 3法則

中東

●BC45 : ユリウス暦,

カエサル

1太陽年=365.25日

●622 : ヒジュラ暦

1年=354日

●1587 : グレゴリオ暦,

グレゴリウス13世

1太陽年=365.2425日

W.J.Blaeu著
Tweevoudig onderwijs van de hemelse
en adressen globen
1666

J.Keill 著 J. Lulofs蘭訳
Inleiding tot de ware Natuur en
Sterrenkunde
1741

B. Martin 著 I.Tirion蘭訳
Natuurkunde
1744

G.Adams 著 J. Ploos蘭訳
Gronden der Starrenkunde
1770

J.-J. L. de Lalande著 (A.B. Strabbe蘭訳)
Astronomia of Sterrkunde
1773-80

広がる

広まる
本,

壊れる

説を紹介

AN
INTRODUCTION
TO
Natural Philosophy:
OR,
Philosophical Lectures

Read in the
University of Oxford,
Anno Dom. 1700.

To which are Added,
The **DEMONSTRATIONS** of Mon-
sieur **HUYGENS'S** *Theorems*, concerning
the Centrifugal Force and Circular Motion.

By **JOHN KEILL M. D.**
Savilian Professor of Astronomy. F. R. S.

Translated from the last Edition of the Latin.

THE FOURTH EDITION.

L O N D O N:

Printed for M. SENEX, W. INNYS, T. LONGMAN and
T. SHEWELL. MDCC XLV.

p133

L A W I.

EVERY Body will continue in its State of Rest, or of moving uniformly in a right Line, except so far as it is compelled to change that State by Forces impressed.

p140

L A W II.

THE Change of Motion is always proportionable to the moving Force impressed, and is always made according to the right Line, in which that Force is impressed.

p147

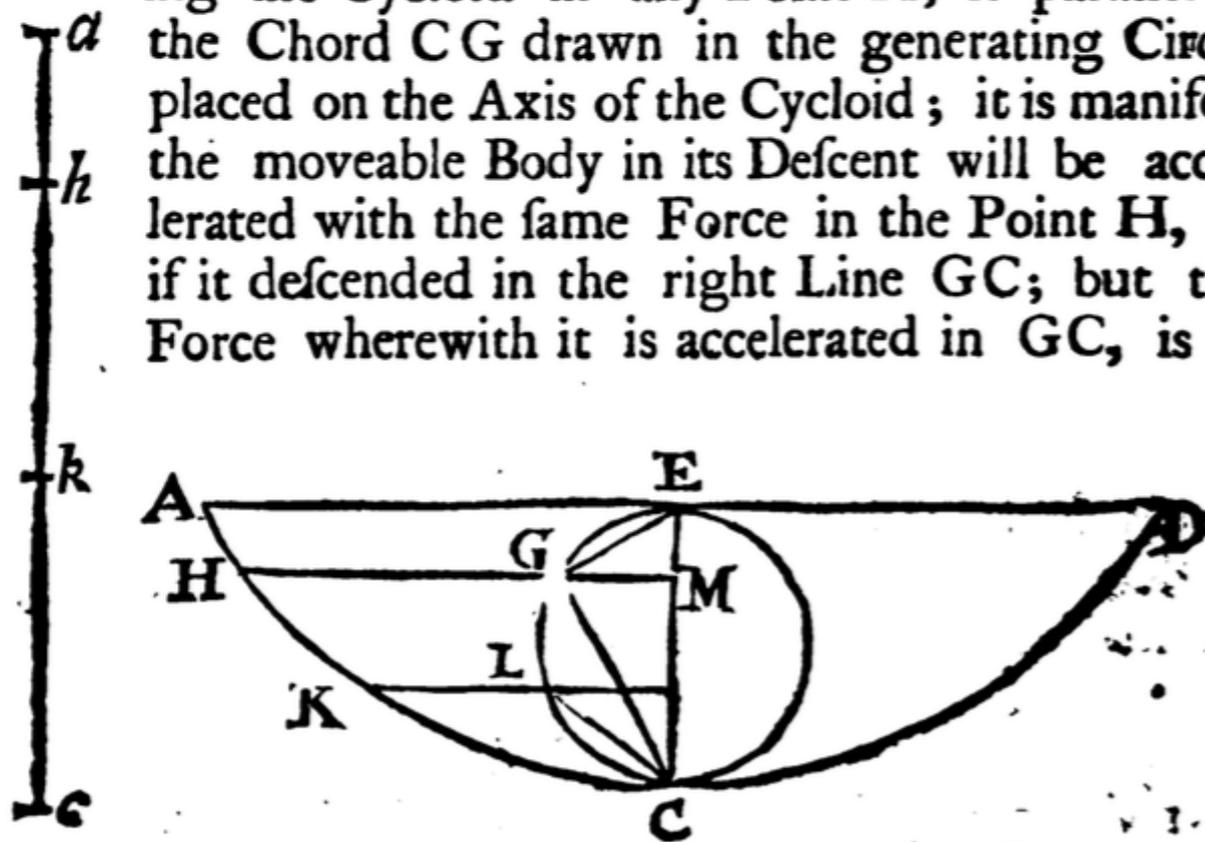
L A W III.

RE-ACTION is always equal, and contrary to Action; or the Actions of two Bodies upon each other are always equal, and in contrary Directions. That is, by Action and Reaction equal Changes of Motion are produced in Bodies acting upon each other, and these Changes are impressed towards contrary Parts.

THEOR. XLVI.

IN a Cycloid whose Axis is placed perpendicularly to the Plane of the Horizon, and its Vertex downwards, the Times of the Descents wherein a moveable Body urged by the Force of its Gravity, and let fall from any Point in it, will arrive at the lowest Point, are equal amongst themselves; and have to the Time of the perpendicular Fall through the Axis of the Cycloid, the Ratio that half the Circumference of a Circle has to its Diameter.

LET ACD be a Cycloid, whose Axis is CE, generating Circle ECG. Since the right Line touching the Cycloid in any Point H, is parallel to the Chord CG drawn in the generating Circle placed on the Axis of the Cycloid; it is manifest the moveable Body in its Descent will be accelerated with the same Force in the Point H, as if it descended in the right Line GC; but the Force wherewith it is accelerated in GC, is to



最速降下線は
サイクロイド曲線である

「世界の数学者への挑戦状」

Johann Bernouilli (1696)

INTRODUCTIO
AD
VERAM
ASTRONOMIAM,
SEU
LECTIONES ASTRONOMICÆ

Habitæ in Schola Astronomica Academiæ
OXONIENSIS,

Authore

JOANNE KEILL, M. D.

Astronomiæ Professore Saviliano. R. S. S.

468 DE RELIQUORUM

motus ratio habenda est. Et motus Præcessionis Æquinoctiorum motusque Apheliorum, (qui quantum constat præterquam in Luna sunt omnes æquabiles,) pro singulis Annis; Annorum Decadibus, centenariis, & millenariis sunt similiter computandi, & in Tabulis disponendi, ut pro dato tempore habeantur distantia fixarum & Apheliorum ab Æquinoctio.

His adjungunt Astronomi alias quoque pro singulis Anomalie medie gradibus Tabulas, quibus Anomalie verae correspondentes habentur, & computari possunt per methodum à nobis traditam in Lectione de solutione Problematis Kepleri, si minuta & scrupula secunda adjiciantur mediis motibus, capienda est differentia inter Anomalias veras uno gradu à se invicem distantes, & elicienda est pars proportionalis addenda Anomalie Tabulari proxime minori, aut ab ea subtrahenda.

Pro Solis Lunæque motibus vulgo computantur Prosthaphereses seu Æquationes, quæ sunt differentie inter Anomaliam veram & mediam. Hæ ab Anomalia media vel sublata, vel eidem addita, prout Planeta fuerit in primo vel secundo Anomalie semicirculo, dant Anomaliam veram.

Ex notis Aphelii, Nodique locis, dabitur eorum distantia, adeoque ex data Planetæ Anomalia vera, dabitur ejus distantia à Nodo, quæ *Argumentum Latitudinis* dicitur. Per quod & calculum Trigonometricum, facile innotescit Planetæ Latitudo centrica, ejusque distantia à Sole curtata, quæ est distantia inter Solem & rectam à Planeta ad planum Eclipticæ perpendiculariter demissam. Atque hac ratione locus Planetæ centricus, Latitudo, & à Sole distantia calculo inveniuntur. Quibus investigatis possumus locum Planetæ Geocentricum seu è Tellure visum hac ratione exquirere.

Inveniendus est primo, locus Telluris in Ecliptica è Sole visus, ejusque à Sole distantia; item locus Planetæ Heliocentricus, Latitudo, & distantia curtata. Sit TCF orbita Telluris, in qua sit Tellus in T, APE orbita Planetæ, cujus locus sit P, & S Sol, SN Nodorum linea. Ex

Argumentum Latitudinis.

Calculus loci Geocentrici Planetæ. TAB 40. fig. 3.

Pla

PLANETARUM THEORIIS. 469

Planetæ loco demittatur ad Planum Eclipticæ normalis recta PB, ducta SB & producta occurret Eclipticæ in loco Planetæ ad Eclipticam reducto, qui locus, ex dato arcu PN, & inclinatione Planorum orbitæ & Eclipticæ datur. Sed datur locus Telluris è Sole visus, adeoque dabitur differentia locorum Terræ & Planetæ, seu angulus TSB qui Commutatio dicitur. Deinde in triangulo TSB, datur TS ex Theoria motus Telluris, & SB distantia Planetæ à Sole curtata, quare dabitur angulus STB. Elongatio Planetæ à Sole, seu arcus Eclipticæ inter locum Solis & Planetæ locum interceptus, & TB distantia Planetæ à Tellure curtata. At datur Solis locus, oppositus est enim loco Terræ è Sole viso; quare dabitur locus Planetæ in Ecliptica è Tellure visus. Præterea in duobus triangulis rectangulis BSB, PTB, est Tangens anguli PSB ad Tangentem anguli PTB, ut TB ad SB, sed ut TB ad SB, ita sinus TSB anguli Commutationis ad sinum anguli Elongationis STB. Quare erit ut sinus anguli commutationis ad sinum anguli Elongationis, ita Tangens Latitudinis Heliocentricæ, ad Tangentem Latitudinis Geocentricæ. Q. E. I. Sic hac ratione invenire possunt Astronomi ad quodlibet datum Temporis momentum Locum Planetæ Geocentricum, ejusque Latitudinem è Tellure visam.

Comparando Planetarum Periodos cum ipsorum à Sole distantis mirabilem videmus eos ubique observare Harmonie legem, scilicet

Quadrata Temporum Periodicorum sunt in omnibus, proportionalia Cubis distantiarum mediarum à Sole.
Sunt enim Periodi & distantie medie illæ quas exhibet annexa Tabula.

	Periodi			Distantiæ medie.	
	Dies	h.	"		
♃	10759:	6:	36: 26	953800.	
♄	4332:	12:	20: 25	520110.	
♅	686:	23:	27: 30	152369.	
♆	365:	6:	9: 30	100000.	
♇	224:	16:	49: 24	72333	
♈	87:	23:	15: 53	38710	Pla

470 DE RELIQUORUM

Planetarum Diametros veras, & magnitudines, eos cum Sole comparando, optime determinavit illustris Mathematicus *Hugenius*, in Systemate suo Saturnino; idque methodo sequenti.

Docuit nos novo suo & Divinitus invento Systemate Copernicus, quamnam inter se proportionem servant, singulorum à Sole Planetarum distantia. Apparentes vero eorundem diametri, quanto alia aliis majores sunt, Telescopii ope innotescit, collatis ergo invicem rationibus utriusque, tum distantia, tum magnitudinis apparentis, vera inde Planetarum ad se mutuo nec non ad Solem magnitudo cognoscitur, per principia in Lectione prima à nobis explicata.

Et ad Saturnum quod attinet primum, Annuli ejus diameter, quum in minima à nobis distantia, comprehendatur angulo 68 scrupulorum secundorum, talis enim ad summum reperitur, cumque minima hæc Saturni distantia sit ad mediocrem Solis distantiam fere octupla, sequitur, si tam propinquus nobis fieret Saturnus quam Sol in distantia mediocri, apparituram tunc Annuli diametrum octuplam ejus quæ nunc apparet, hoc est 9' : 4". Solis autem diameter in media distantia est 30' : 30"; ergo revera, ea erit proportio diametri Annuli Saturni ad diametrum Solis quæ 9' : 40", ad 30' : 30"; hoc est, fere quæ 11 ad 37. Diameter vero Saturni ipsius, ad Annuli diametrum se habet ut 4 ad 9; hoc est, fere ut 5 ad 11, adeoque ad diametrum Solis ut 5 ad 37.

Jovis diameter cum proxime nobis adest, 64 scrupula secunda comprehendere videtur, cumque hæc ejus distantia sit ad mediam Solis distantiam ut 26 ad 5. Si fiat ut 5 ad 26, ita 64" ad aliud, invenientur 5' : 35" amplitudo anguli quem obtineret Jovis diameter, si tam propinquus nobis fieri intelligatur, atque Sol in distantia mediocri. Sol autem hic apparet diametro 30' : 30". Ergo Jovialis diametri ad Solarem proportio erit, quæ 5' : 35", ad 30' : 30' hoc est, paulo major quam 1 ad 5½.

Venus cum Terris proxima est, non majorem subtendit an-

PLANETARUM THEORIIS. 471

angulum quam 85 scrupulorum secundorum. Est autem distantia hæc Veneris Perigea, ad mediam Solis à Tellure distantiam circiter ut 21 ad 82. Ergo si apud Solem Venus consisteret, appareret ejus diameter duntaxat 21' : 46"; unde constat ita esse diametrum Veneris ad Solarem ut 21' : 46," ad 30' ½, hoc est, ut 1 ad 84.

At Martis diameter Terris proximi non excedere 30" deprehenditur. Unde cum distantia Martis minima sit ad mediocrem Solis, ut 15 ad 41, colligitur ratio diametri Martis ad diametrum Solis, ea quæ est circiter 1 ad 166, unde Mars duplo minor Venere secundum diametrum, hac ratione efficitur.

Præterea ex observationibus Hevelii constat, Mercurii diametrum ad Solis diametrum comparatam, se habere ut 1 ad 290.

Terræ magnitudinem ad Solem comparatam diversi auctores diversam ponunt; qui parallaxim Solis Horizontalem quindecim secundorum fingunt, Solem à Terra 13750 semidiametris distare volunt, quo posito diameter Solis erit ad diametrum Terræ ut 30' : 30" ad 30"; hoc est, ut 61 ad 1. Sed est argumentum probabile, quod hanc proportionem paulo majorem facit; nempe quoniam Lunæ diameter paulo major est quam quarta pars diametri Terræ: si parallaxis Solis ponatur quindecim secundorum, fieret Lunæ corpus corpore Mercurii majus; Planeta scilicet secundarius primario major, quod concinnati Systematis Mundani contrariari videtur. Ponatur itaque Terræ semidiameter è Sole visa, seu quod idem est, Solis parallaxim Horizontalem 10 secundorum; unde Luna minor erit Mercurio, ac provenit Solis à Terra distantia plus quam 20000 semidiametris Terræ; & Solis diameter erit 91; vicibus major Telluris diametro; cui proportioni convenit in præsentiarum, assensum præbere, usquedum per observationem Veneris in Sole disco visæ, quod Anno 1761. continget, de eadem certiores simus facti. Est itaque diameter Solis ad Planetarum diametros, in ratione quæ sequenti Tabella exprimitur.

472 DE RELIQUORUM PLAN. THEORIIS.

Diameter Solis est ad diametrum,	}	Saturni	} ut 1000 ad	137
		Jovis		182
		Martis		6
		Terræ		9
		Veneris		12
		Mercurii		4

Adeoque cum Sphæræ sint ut Cubi à diametris

erit Sol ad	}	Saturnum	} ut 1000000000	2571353
		Jovem		5929741
		Martem		216
		Tellurem		343
		Venerem		1728
		Mercurium		64

Hinc sequitur, Solem omnes Planetas simul sumptos, plusquam centies & sedecies magnitudine superare; Saturnus autem quadringentis vicibus est Sole minor. At quantitate materiæ bis mille & quadringenis vicibus ei cedit.

Jupiter reliquos omnes Planetas simul sumptos magnitudine superat.

Jupiter Planetarum maximus plus 160 vicibus Sole minor est, at quantitate materiæ, ejus partem millesimam trigessimam tertiam non adæquat; at Terra nostra si cum Sole comparetur, minima res est, & puncti fere instar; nam trecentis millenis vicibus est illo minor. Præterea comparando Planetas inter se; ex his rationibus constat, Jovem reliquis Planetis omnibus simul sumptis majorem existere. Terram autem nostram plusquam 2000 vicibus superare, sed & Stella Veneris quinquies nostra Tellure major est. Sunt tamen duo ex sex Planetis, Mars scilicet & Mercurius, quos Tellus magnitudine superat.

LECTIO XXVII.

De Planetarum Stationibus.

SI Tellus quiesceret, in eo orbitæ suæ puncto nobis stare appareret Planeta inferior seu Soli propior, ubi recta è Tellure ad Planetam ducta, ejus orbitam tangit. Nam cum Planeta circa illud punctum versatur si Terra quiesceret, recta ad illam accederet, ejusque motus visibilis esset nul-

DE PLANETARUM STATIONIBUS. 473

nullus, vel certè omnium minimus. Similiter si Planeta superior, vel à Sole remotior quivis quiesceret, is e Tellure in orbitâ suâ delata spectatus stare videretur, ubi recta è Planetâ ad Terram ducta Telluris orbitam tangit; at quia tam Terra quam Planetæ continuò circa Solem moventur, quando Planeta inferior in recta tangente ejus orbitam videtur, tunc etiam motus Terræ interea factus locum ejus visibilem mutabit, adeoque nondum stare vidobitur Planeta; sicuti ob similem causam, quando Terra in Tangente orbitæ suæ per Planetam superiorem transeunte reperitur, seu dum percurrit arcum exiguum qui cum tangente illa ferè coincidit, Motus tamen superioris Planetæ interea factus, ejus locum visum mutabit. Adeoque neque Planeta inferior videtur stationarius, quando conspicitur in recta quæ tangit ejus orbitam. Neque superior stare videtur, cum est in recta quæ tangit orbitam Terræ, & per Terram quoque transit.

Planeta inferior non stationarius quando videtur in recta, quæ ejus orbitam tangit.
Neque superior Planeta stare apparet, cum in recta videtur quæ tangit orbitam Terræ.

At cum Planetæ omnes nunc directè incedere, nunc retrogredi videntur; necesse est ut inter motum progressus & regressus, quilibet Planeta fiat Stationarius, & eundem in cælo locum per aliquod tempus (licet illud sit exiguum) conservare videatur; eundem autem locum in cælo visibilem obtinet, quando linea Planetæ atque Terræ centra connectens ad idem cæli punctum continuo dirigitur; at recta illa ad idem cæli punctum dirigitur, quando sibi parallela manet. Nam rectæ è quibusvis orbitæ Telluris punctis sibi parallelæ ductæ, ad eandem in cælo stellam diriguntur: istarum enim linearum distantia respectu distantie stellarum evanescit.

Quando Planeta stare videtur.

Ut itaque inveniantur Stationum puncta, inquirendum erit, ubi linea in quâ videtur Planeta, è Terrâ, sibi parallela manet. Quod ut fiat, notandum est, si centra Solis, Planetæ, & Terræ rectis jungantur, formari triangulum, cujus duo crura sunt ubique æqualia distantis Planetæ & Terræ à Sole, Basis autem est recta quæ Planetæ atque Terræ centra connectit: cumque crura hujus Trianguli in orbitis circularibus concentricis eadem semper magnitudine

麻田剛立は、ケプラーの第3法則を独自に発見していた？

根拠とされる文献

- 『五星距地之奇法 (1796–98 頃?)』 (図 5 に全文掲載). 麻田が著したと考えられるものを麻田の門人である西村太沖¹⁴ による写本と考えられている.
- 『新修五星法図説 (1802)』 麻田の門人である高橋至時による著の一部 (図 5 [右] の解説文中にあり). 同じ記載が『新修五星法 (1822)』 渋川景佑¹⁵ による著の一部 (図 6) にもある.
- 『ラランデ暦書管見 (1804)』 高橋至時
- 『星学続稿』 5 の 1224 章, 間重富
- 『寛政暦書続録』 卷 3, 渋川景佑

麻田派の身内による文章のみ

本人は著作が少ない

同時期に蘭学書の翻訳すすむ

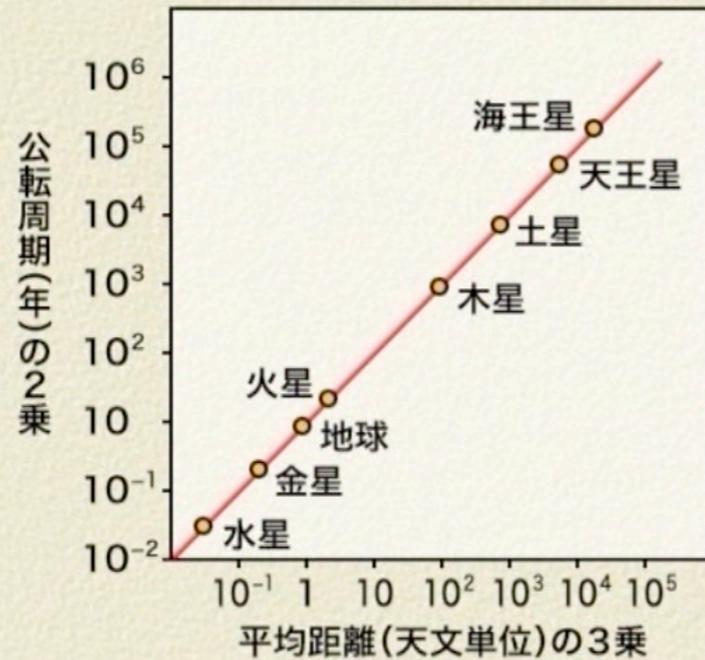
中山 [10] は、次のように記している.

志筑忠雄は寛政改暦以前にあつて『暦象考成』を批判し、中国の水準をすでに抜いていたといふことができる。麻田一統が『暦象考成』を有難がつて読んでいる間に、志筑忠雄はケイルをマスターした上で、『暦象考成』を批判できたのである。

麻田は、法則の内容を理解していたのか？

天行方数諸曜帰一之理 (間重富, 1796?)

ケプラーの第三法則



- 麻田のつけた「五星距地之奇法」は、

「周期，自乗之，立方開之，得半径」 (3.6)

すなわち，惑星の公転半径を R ，公転周期を T と
して

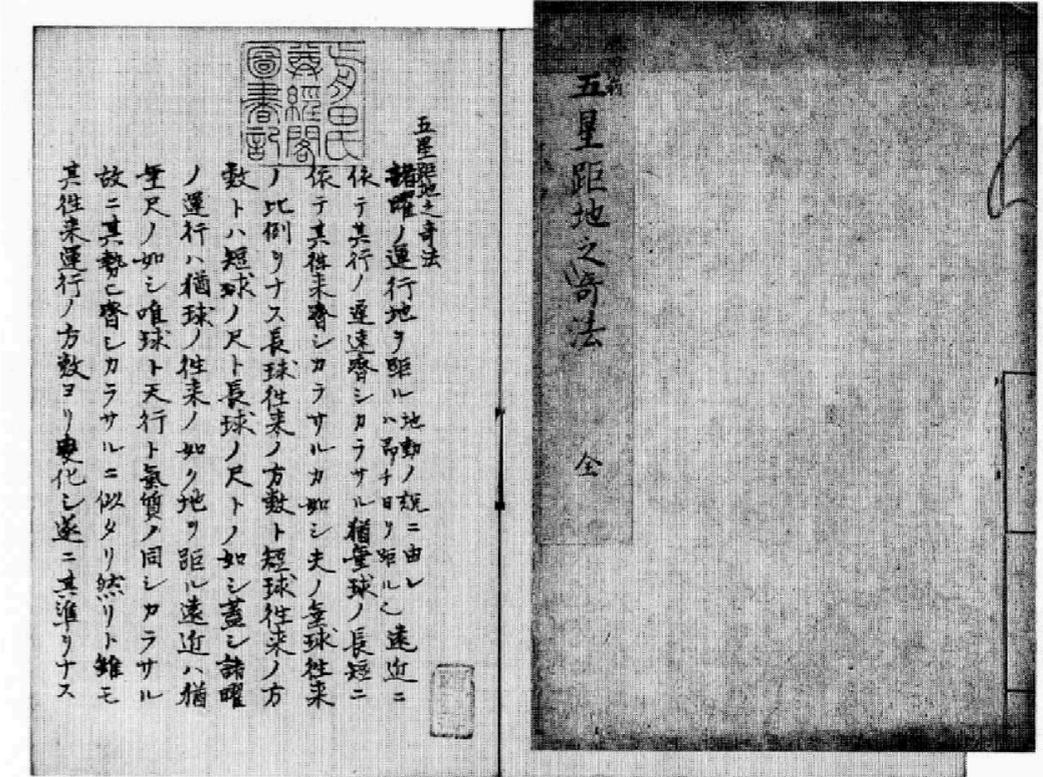
$$R = \sqrt[3]{T^2}, \text{ あるいは } R^3 = T^2 \quad (3.7)$$

という法則である．ケプラーの第3法則の形で書けば， $T^2 = k_1 R^3$ (k_1 :定数) という式である．ここで，惑星が一定速度で公転していると考えて角速度を ω とすれば， $T = 2\pi/\omega$ より，

$$\omega^2 R^3 = (\text{定数}) = \omega_1^2 R_1^3 = \omega_2^2 R_2^3 = \dots \quad (3.8)$$

と書ける．添え字は1番目，2番目の惑星の意味である．

五星距地之奇法 (麻田剛立著? 1797? 西村太沖蔵)



五星距地之奇法
 諸曜ノ運行地ヲ距ルハ即チ日ヲ距ル也 遠近ニ依テ其行ノ遲速齊シカラサル猶垂球ノ長短ニ依テ其往來齊シカラサルカ如シ夫ノ垂球往來ノ比例ヲナス長球往來ノ方數ト短球往來ノ方數トハ短球ノ尺ト長球ノ尺トノ如シ蓋シ諸曜ノ運行ハ猶球ノ往來ノ如ク地ヲ距ル遠近ハ猶垂尺ノ如シ唯球ト天行ト氣質ノ同シカラサル故ニ其勢ヒ齊シカラサルニ似タリ然リト雖モ其往來運行ノ方數ヨリ變化シ遂ニ其準ヲナス⁽¹⁾ニ至テハ天行球行俱ニ同キ所口アルカ如シ故ニ數ノ自乘開方ヨリ變化シ來ルモノハ皆著明ノ巨數ニシテ其數ノ實測ニ近キモノハ必ス真數トナリ未タ其真ヲ得サルモノハ實測ト相離ル必ス遠シ紛々タル細數交リ出テ、崇リヲ真假ノ間ニナスノ類ニハ非ス蓋シ日ト五星ト俱ニ地ヲ心⁽²⁾五星ト俱ニ日ヲ心トスル故其本天半徑ヲ得ル俱ニ一法ニヨル然シテ月ハ全ク地ニ屬ス地動ノ說ニ由テ之ヲ觀レハ月ノ地ヲ環行スル猶四小星ノ木星ヲ環行スルカ如故ニ地トノ比例又自ラ一法トナル其開乘ノ易簡ニシテ最モ奇ナルモノハ木星ノ四小星

ドイツの天文学者ケプラーは、一六一九年、「惑星の公転周期の二乗は、太陽からの平均距離の三乗に比例する」とするいわゆる第三法則を発見した。麻田剛立は、この学説が日本に伝わる以前から、独自にその法則を発見していたと言われる。その根拠の一つが、剛立の門人高橋至時による「以五星一周日数及歳周求五星本天半徑、置本星一周日数⁽¹⁾以歳周除之、得本星一周之年數、立方開之、得商、自乘之、得本星本天半徑與日天半徑比例數⁽²⁾是麻田翁所創法」(『新修五星法図説』)との記述である。

『五星距地之奇法』は、この「麻田翁所創法」の内容を今日に伝える唯一の書物であり、同じく剛立の門人である西村太沖による写本と考えられている。

ニシクナシ然シテ月ハ一物ニシテ外ニ徴スヘキノ類ナシ故ニ開乘中其真數ヲ得ルト云トモ法ノ果シテ真ナルカ徹底シカタクシ木星ノ四小星ノ如キ類ヲナスモノ四ニシテ其法ノ真假僅ニ徴スルニ足ルト雖モ其実測未タ密ナラサレハ亦確據トナシカタクシ唯五星ト日トハ古今ノ實測略備リ其類亦多シ故ニ其法ノ必ス真ニシ⁽²⁾テ実測ト其準ヲ得ルモノヲ左ニ記スノミ

日一周天⁽¹⁾地動ノ說ニ由レ為一
 日本天半徑⁽²⁾地動ノ說ニ由レ為一
 或ハ水星ヲ用テ一トシ土星ヲ用テ一トスルモ其法皆同シ

土星一周天、日二十九周四二七余、⁽¹⁾合伏ヨリ合分秒ト日ノ平行トヲ用テ之ヲ得ル下四星亦同シ 自乘之、立方開之、得九五三〇四二、即本天半徑、⁽²⁾次輪心地心ヲ距ルヨレハ星日ヲ距ル數也

木星一周天、日一十一周八五六〇余、自乘之、立方開之、得五一九九四七、即本天半徑、

火星一周天、日一周八八〇七三余、自乘之、立方開之、得一五二三六五、即本天半徑、

金星一周天、日一周⁽¹⁾満タス六一五二余、自乘之、立方開之、得〇七二三三五、即本天半徑、

水星一周天、日一周⁽¹⁾満タス二四〇八五余、自乘之、立方開之、得〇三八七一、即本天半徑、

右ハ唯其法ヲ記スノミ細尾ノ數ヲ必トセス⁽³⁾

天行方数諸曜帰一之理 (間重富, 1796?)

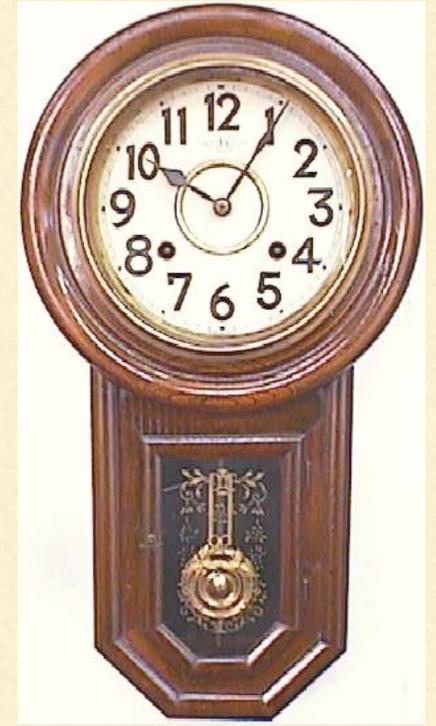
- 間は, ふりこ (垂球) の周期 (往復する時間) T が, ひもの長さ l によって決まることを知っていた. ガリレオが見つけた

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.2)$$

という関係式である. g は重力加速度 ($=9.8 \text{ m/s}^2$) である. 全体を 2 乗して, $T^2 = k_1 l$ (k_1 :定数) という式になる. 周期の逆数が振動数 f であるので, $f = 1/T$ を用いると,

$$f^2 l = (\text{定数}) = f_1^2 l_1 = f_2^2 l_2 = \dots \quad (3.3)$$

となる. 添え字は 1 番目, 2 番目のひもを考えたときも同様に成り立つことを明示したものである.



天行方数諸曜帰一之理 (間重富, 1796?)

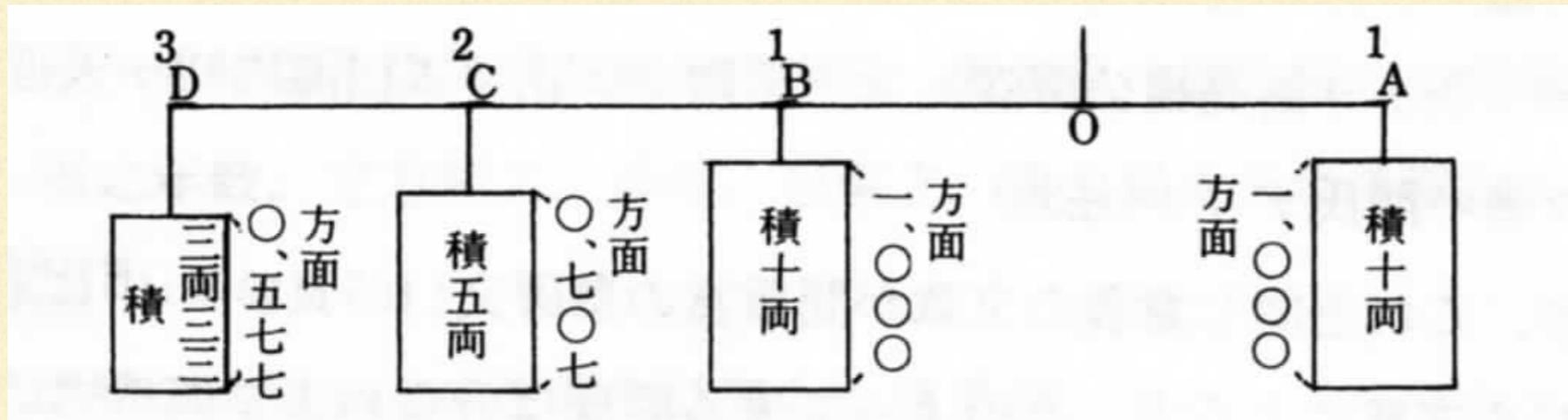
- 間は、天秤ばかり (衡器) において、支点からの距離 L_1, L_2 とそこに吊り下げられるおもり M_1, M_2 の間にはモーメントの式

$$M_1 L_1 = M_2 L_2 = (\text{定数}) \quad (3.4)$$

が成り立つことに思い至る。おもりの大きさを正方形 (一辺の長さをそれぞれ x_1, x_2) としてその面積で測るとすれば,

$$x_1^2 L_1 = x_2^2 L_2 = (\text{定数}) \quad (3.5)$$

が成り立つ。



渡辺敏夫(1983)の図

(間重富『垂球精義』)

天行方数諸曜帰一之理 (間重富, 1796?)

- 間は、ふりこ (垂球) の周期 (往復する時間) T が、ひもの長さ l によって決まることを知っていた。ガリレオが見つけた

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.2)$$

という関係式である。 g は重力加速度 ($=9.8 \text{ m/s}^2$) である。全体を2乗して、 $T^2 = k_1 l$ (k_1 :定数) という式になる。周期の逆数が振動数 f であるので、 $f = 1/T$ を用いると、

$$f^2 l = (\text{定数}) = f_1^2 l_1 = f_2^2 l_2 = \dots \quad (3.3)$$

となる。添え字は1番目, 2番目のひもを考えたときも同様に成り立つことを明示したものである。

$$R^3 = \sqrt{T^2}, \text{ あるいは } R^3 = T^2 \quad (3.7)$$

という法則である。ケプラーの第3法則の形で書けば、 $T^2 = k_1 R^3$ (k_1 :定数) という式である。ここで、惑星が一定速度で公転していると考えて角速度を ω とすれば、 $T = 2\pi/\omega$ より、

$$\omega^2 R^3 = (\text{定数}) = \omega_1^2 R_1^3 = \omega_2^2 R_2^3 = \dots \quad (3.8)$$

と書ける。添え字は1番目, 2番目の惑星の意味

- 間は、天秤ばかり (衡器) において、支点からの距離 L_1, L_2 とそこに吊り下げられるおもり M_1, M_2 の間にはモーメントの式

$$M_1 L_1 = M_2 L_2 = (\text{定数}) \quad (3.4)$$

が成り立つことに思い至る。おもりの大きさを正方形 (一辺の長さをそれぞれ x_1, x_2) としてその面積で測るとすれば、

$$x_1^2 L_1 = x_2^2 L_2 = (\text{定数}) \quad (3.5)$$

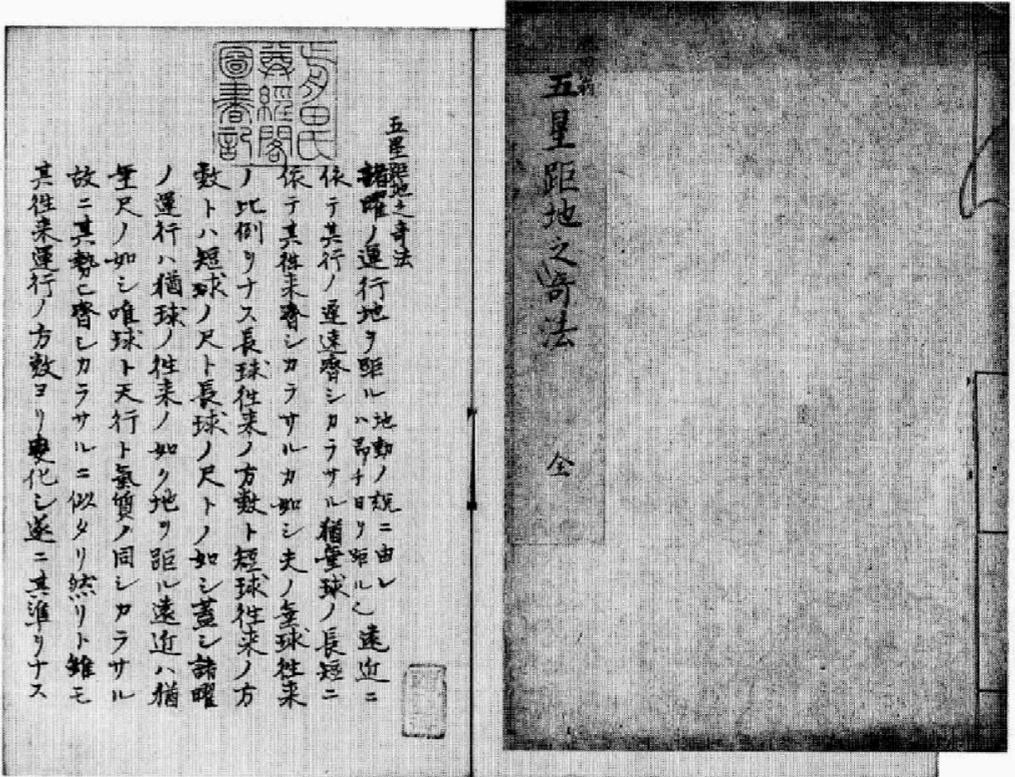
が成り立つ。

け
目
惑

五星距地之奇法 (麻田剛立著? 1797? 西村太沖蔵)

五星距地之奇法

諸曜ノ運行地ヲ距ルハ地動ノ説ニ由レ也 遠近ニ依テ其行ノ遲速齊シカラサル猶垂球ノ長短ニ依テ其往來齊シカラサルカ如シ夫ノ垂球往來ノ比例ヲナス長球往來ノ方数ト短球往來ノ方数トハ短球ノ尺ト長球ノ尺トノ如シ蓋シ諸曜ノ運行ハ猶球ノ往來ノ如ク地ヲ距ル遠近ハ猶垂尺ノ如シ唯球ト天行ト氣質ノ同シカラサル故ニ其勢ヒ齊シカラサルニ似タリ然リト雖モ其往來運行ノ方数ヨリ變化シ遂ニ其準ヲナス⁽¹⁾ニ至テハ天行球行俱ニ同キ所口アルカ如シ故ニ数ノ自乗開方ヨリ變化シ來ルモノハ皆著明ノ巨数ニシテ其數ノ實測ニ近キモノハ必ス真數トナリ未タ其真ヲ得サルモノハ實測ト相離ル必ス遠シ紛々タル細數交リ出テ、崇リヲ真假ノ間ニナスノ類ニハ非ス蓋シ日ト五星ト俱ニ地ヲ心⁽²⁾五星ト俱ニ日ヲ心トスル故其本天半径ヲ得ル俱ニ一法ニヨル然シテ月ハ全ク地ニ屬ス地動ノ説ニ由テ之ヲ觀レハ月ノ地ヲ環行スル猶四小星ノ木星ヲ環行スルカ如シ故ニ地トノ比例又自ラ一法トナル其開乘ノ易簡ニシテ最モ奇ナルモノハ木星ノ四小星



ドイツの天文学者ケプラーは、一六一九年、「惑星の公転周期の二乗は、太陽からの平均距離の三乗に比例する」とするいわゆる第三法則を発見した。麻田剛立は、この学説が日本に伝わる以前から、独自にその法則を発見していたと言われる。その根拠の一つが、剛立の門人高橋至時による「以五星一周日数及歳周求五星本天半径、置本星一周日数以歳周除之、得本星一周之年数、立方開之、得商、自乘之、得本星本天半径與日天半径比例數是麻田翁⁽¹⁾」(『新修五星法図説』)との記述である。

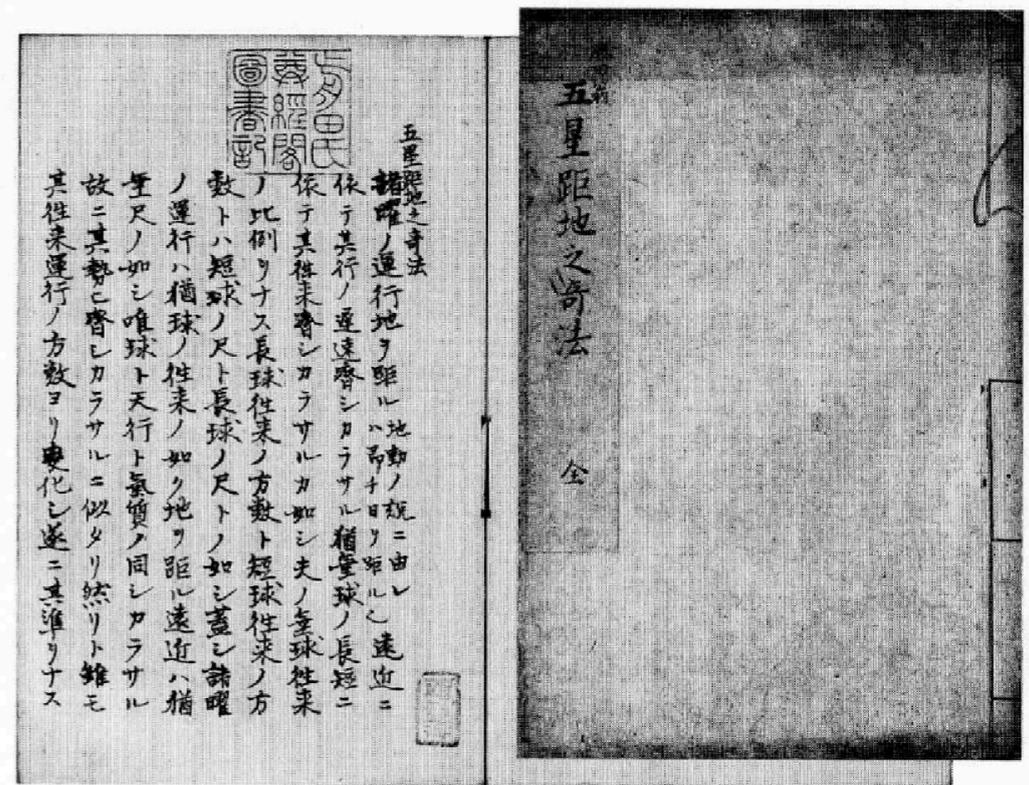
『五星距地之奇法』は、この「麻田翁所創法」の内容を今日に伝える唯一の書物であり、同じく剛立の門人である西村太沖による写本と考えられている。

ニシクナシ然シテ月ハ一物ニシテ外ニ徴スヘキノ類ナシ故ニ開乗中其真數ヲ得ルト云トモ法ノ臆シテ真ナルカ徹底シカタシ木星ノ四小星ノ如キ類ヲナスモノ四ニシテ其法ノ真假僅ニ徴スルニ足ルト雖モ其実測未タ密ナラサレハ亦確據トナシカタシ唯五星ト日トハ古今ノ実測略備リ其類亦多シ故ニ其法ノ必ス真ニシ⁽²⁾テ実測ト其準ヲ得ルモノヲ左ニ記スノミ
 日一周天⁽³⁾地動ノ説ニ由レ為一
 日本天半径⁽⁴⁾地動ノ説ニ由レ為一
 或ハ水星ヲ用テ一トシ土星ヲ用テ一トスルモ其法皆同シ
 土星一周天、日二十九周四二一七余、⁽⁵⁾合伏ヨリ合分秒ト日ノ平行トヲ用テ之ヲ得ル下四星亦同シ 自乗之、立方開之、得九五三〇四二、即本天半径、⁽⁶⁾次輪心地心ヲ距ルヨレハ星日ヲ距ル數也
 木星一周天、日一十一周八五六〇余、自乗之、立方開之、得五一九九四七、即本天半径、
 火星一周天、日一周八八〇七三余、自乗之、立方開之、得一五二三六五、即本天半径、
 金星一周天、日一周⁽⁷⁾満タス六一五二二余、自乗之、立方開之、得〇七二三三五、即本天半径、
 水星一周天、日一周⁽⁸⁾満タス二四〇八五余、自乗之、立方開之、得〇三八七一、即本天半径、
 右ハ唯其法ヲ記スノミ細尾ノ數ヲ必トセス⁽⁹⁾

五星距地之奇法 (麻田剛立著? 1797? 西村太沖蔵)

五星距地之奇法

諸曜ノ運行地ヲ距ルハ地動ノ説ニ由レ也 遠近ニ依テ其行ノ遲速齊シカラサル猶垂球ノ長短ニ依テ其往來齊シカラサルカ如シ夫ノ垂球往來ノ比例ヲナス長球往來ノ方数ト短球往來ノ方数トハ短球ノ尺ト長球ノ尺トノ如シ蓋シ諸曜ノ運行ハ猶球ノ往來ノ如ク地ヲ距ル遠近ハ猶垂尺ノ如シ唯球ト天行ト氣質ノ同シカラサル故ニ其勢ヒ齊シカラサルニ似タリ然リト雖モ其往來運行ノ方数ヨリ變化シ遂ニ其準ヲナス⁽¹⁾ニ至テハ天行球行俱ニ同キ所口アルカ如シ故ニ数ノ自乘開方ヨリ變化シ來ルモノハ皆著明ノ巨数ニシテ其數ノ實測ニ近キモノハ必ス真數トナリ未タ其真ヲ得サルモノハ實測ト相離ル必ス遠シ紛々タル細數交リ出テ、崇リヲ真假ノ間ニナスノ類ニハ非ス蓋シ日ト五星ト俱ニ地ヲ心⁽²⁾五星ト俱ニ日ヲ心トスル故其本天半径ヲ得ル俱ニ一法ニヨル然シテ月ハ全ク地ニ屬ス地動ノ説ニ由テ之ヲ觀レハ月ノ地ヲ環行スル猶四小星ノ木星ヲ環行スルカ如故ニ地トノ比例又自ラ一法トナル其開乘ノ易簡ニシテ最モ奇ナルモノハ木星ノ四小星



五星距地之奇法
諸曜ノ運行地ヲ距ルハ地動ノ説ニ由レ也 遠近ニ依テ其行ノ遲速齊シカラサル猶垂球ノ長短ニ依テ其往來齊シカラサルカ如シ夫ノ垂球往來ノ比例ヲナス長球往來ノ方数ト短球往來ノ方数トハ短球ノ尺ト長球ノ尺トノ如シ蓋シ諸曜ノ運行ハ猶球ノ往來ノ如ク地ヲ距ル遠近ハ猶垂尺ノ如シ唯球ト天行ト氣質ノ同シカラサル故ニ其勢ヒ齊シカラサルニ似タリ然リト雖モ其往來運行ノ方数ヨリ變化シ遂ニ其準ヲナス

ドイツの天文学者ケプラーは、一六一九年、「惑星の公転周期の二乗は、太陽からの平均距離の三乗に比例する」とするいわゆる第三法則を発見した。麻田剛立は、この学説が日本に伝わる以前から、独自にその法則を発見していたと言われる。その根拠の一つが、剛立の門人高橋至時による「以五星一周日数及歳周求五星本天半径、置本星一周日数以歳周除之、得本星一周之年数、立方開之、得商、自乘之、得本星本天半径與日天半径比例數是麻田翁⁽¹⁾」(『新修五星法図説』)との記述である。

『五星距地之奇法』は、この「麻田翁所創法」の内容を今日に伝える唯一の書物であり、同じく剛立の門人である西村太沖による写本と考えられている。

ニシクナシ然シテ月ハ一物ニシテ外ニ徴スヘキノ類ナシ故ニ開乗中其真數ヲ得ルト云トモ法ノ果シテ真ナルカ徹底シカタクシ木星ノ四小星ノ如キ類ヲナスモノ四ニシテ其法ノ真假僅ニ徴スルニ足ルト雖モ其実測未タ密ナラサレハ亦確據トナシカタクシ唯五星ト日トハ古今ノ実測略備リ其類亦多シ故ニ其法ノ必ス真ニシ⁽²⁾テ実測ト其準ヲ得ルモノヲ左ニ記スノミ

日一周天⁽³⁾地動ノ説ニ由レ為一
日本天半径⁽⁴⁾地動ノ説ニ由レ為一
或ハ水星ヲ用テ一トシ土星ヲ用テ一トスルモ其法皆同シ

土星一周天、日二十九周四二一七余、⁽⁵⁾合伏ヨリ合分秒ト日ノ平行トヲ用テ之ヲ得ル下四星亦同シ 自乗之、立方開之、得九五三〇四二、即本天半径、⁽⁶⁾次輪心地心ヲ距ルヨレハ星日ヲ距ル數也

木星一周天、日一十一周八五六〇余、自乗之、方立開之、得五一九九四七、即本天半径、

火星一周天、日一周八八〇七三余、自乗之、立方開之、得一五二三六五、即本天半径、

金星一周天、日一周⁽⁷⁾満タス六一五二二余、自乗之、立方開之、得〇七二三三五、即本天半径、

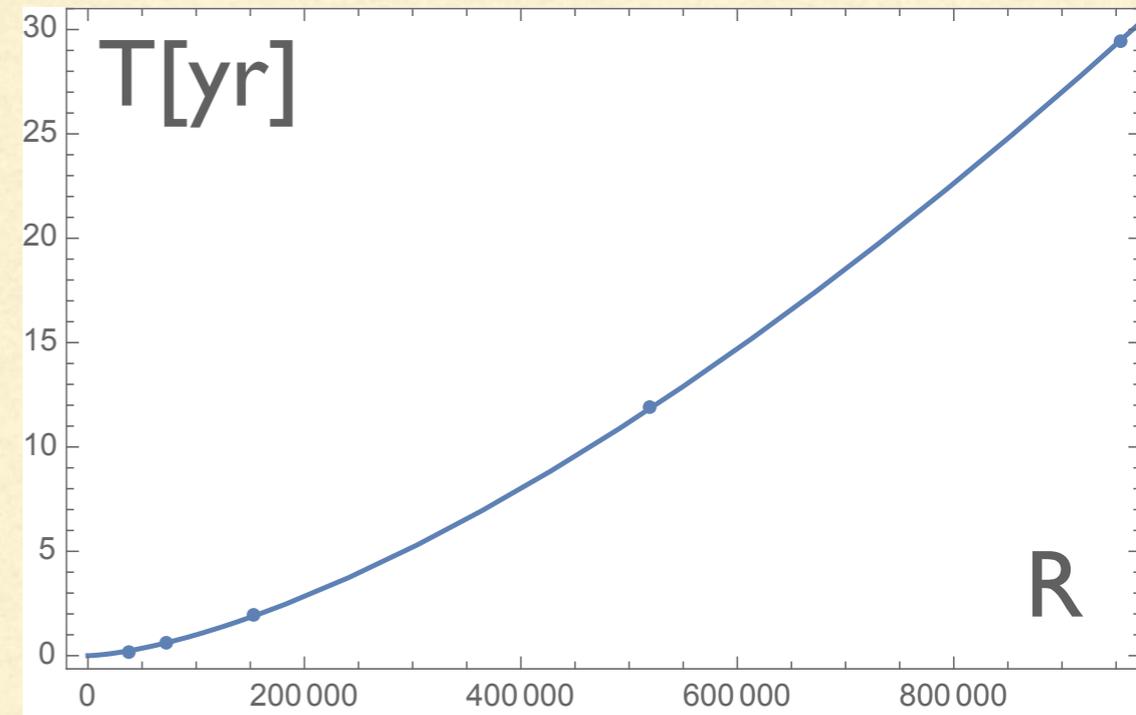
水星一周天、日一周⁽⁸⁾満タス二四〇八五余、自乗之、立方開之、得〇三八七一、即本天半径、

右ハ唯其法ヲ記スノミ細尾ノ數ヲ必トセス⁽⁹⁾

五星距地之奇法 (麻田剛立著? 1797? 西村太沖蔵)

日一周天ハ地動ノ説ニ由レ為一
 日本天半径ハ地動ノ説ニ由レ為一
 或ハ水星ヲ用テ一トシ土星ヲ用テ一トスル
 モ其法皆同シ
 土星一周天、日一十九周四二七余、合伏ヨリ合伏ニ距ル日
分秒ト日ノ平行トヲ用テ之ヲ得ル下四星亦同シ 自乗之、立方開之、得
 九五三〇四一、即本天半径、次輪心地心ヲ距ル数ナリ地動ノ説ニ
ヨレハ星日ヲ距ル数也
 木星一周天、日一十一周八五六〇余、自乗之、方立
 開之、得五一九九四七、即本天半径、
 火星一周天、日一周八八〇七三余、自乗之、立方開
 之、得一五二三六五、即本天半径、
 金星一周天、日〇周一周ニ満タス六一五二二余、自乗之、
 立方開之、得〇七二三三五、即本天半径、
 水星一周天、日〇周一周ニ満タス二四〇八五余、自乗之、
 立方開之、得〇三三八七一、即本天半径、
 右ハ唯其法ヲ記スノミ細尾ノ数ヲ必トセス
(3オ)

	周期T	$T^{2^{1/3}}$	R
水星	0.24085	0.387107068	38711
金星	0.61521	0.72335073	72335
地球	1		100000
火星	1.88073	1.523646791	152365
木星	11.856	5.199466612	519947
土星	29.4217	9.530415649	953042



FittedModel [$3.16225 \times 10^{-8} x^{1.5}$]

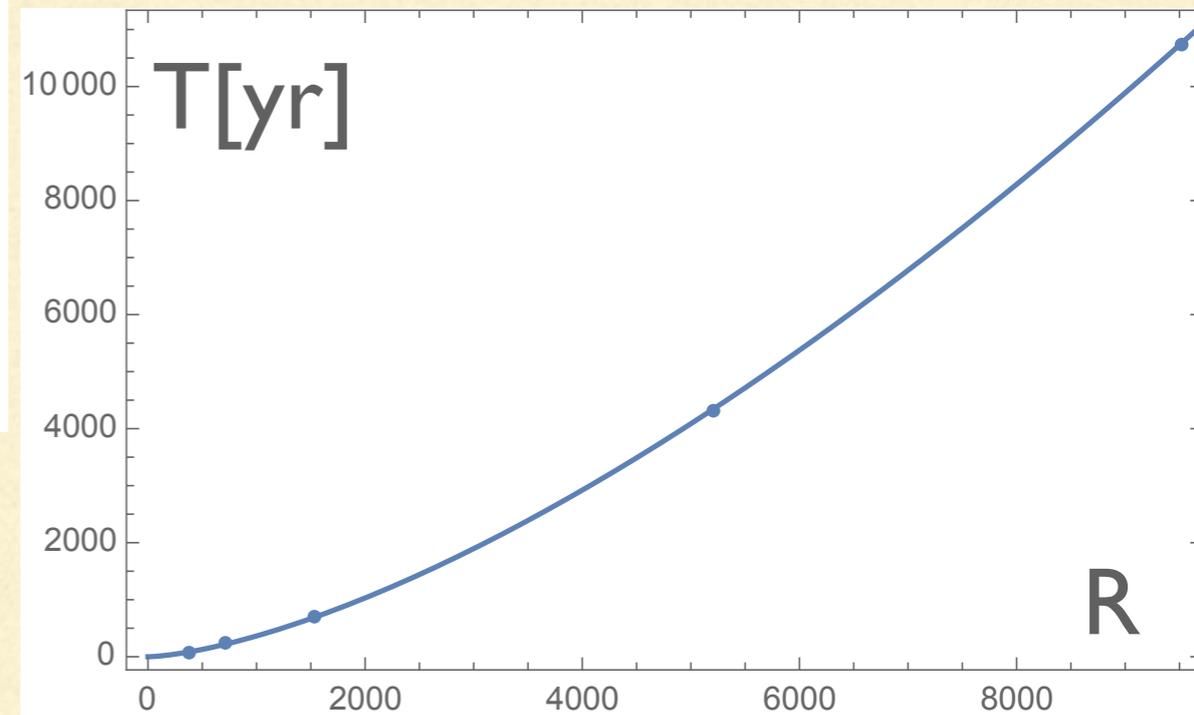
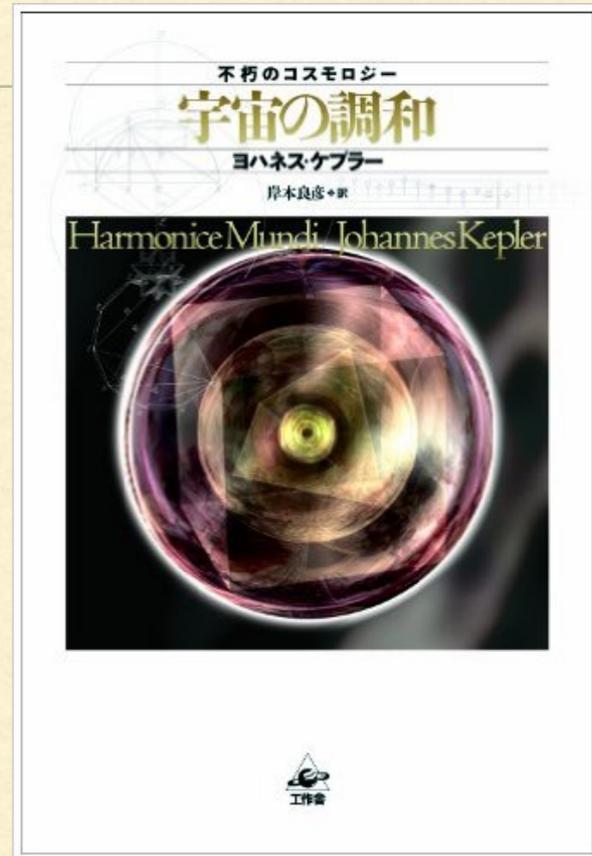
宇宙の調和 (Kepler, 1619)

★102

平均運動から得られる数値				[m] 上掲の 軌道半径 [前々表のc]	[n] 離心値		[o] 出てくる極限距離	
先の尺度 による [前表のj ₂]	[k] 立方根を 求めるため の新たな逆 数の尺度に よる	[l] 立方根の平 方数間に見 出された軌 道の比 [k ^{3/2} × 10 ⁻¹]		[n ₁] 固有の 尺度 による [前々 表のd]	[n ₂] 共通の 尺度 による [n ₁ ÷ m × l]	遠日点 距離 [1 + n ₂]	近日点 距離 [1 - n ₂]	
土星	156917	29539960	9556	85	5	562	10118	8994
木星	390263	11877400	5206	85222	4222	258	5464	4948
火星	2467584	1878483	1523	55	5	138	1661	1384
地球	4635322	1000000	1000	95178	1647	17	1017	983
金星	7571328	612220	721	99295	705	5	726	716
水星	18864680	245714	392	80625	17375	85	476	308

[kは地球の値を1000000としたときの各惑星と地球の平均運動の比の逆数。
すなわち、(j₂の地球の値) ÷ (j₂の各惑星の値) × 1000000]

p508



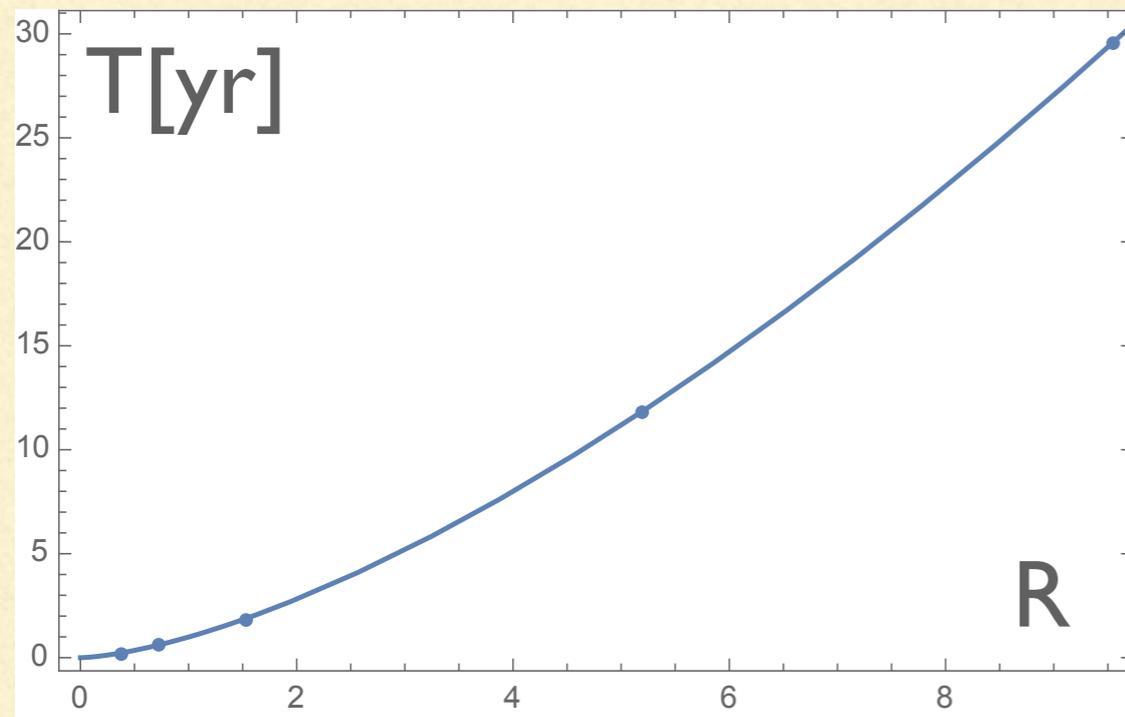
FittedModel [0.0111994 x^{1.50369}]

現在值

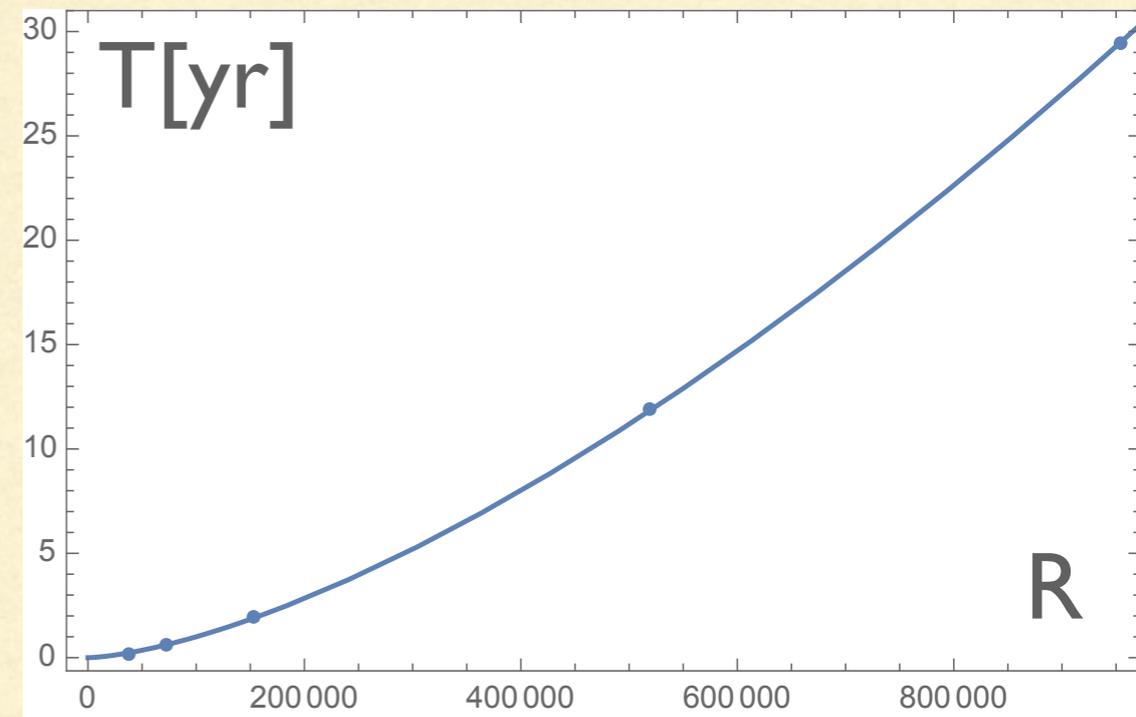
	周期T	R近日点	R遠日点
水星	0.240867	0.3075	0.4667
金星	0.615207	0.718	0.728
地球	1		
火星	1.880866	1.381	1.666
木星	11.86155	4.952	5.455
土星	29.53216	9.021	10.054

五星距地之奇法

	周期T	$T^{2^{1/3}}$	R
水星	0.24085	0.387107068	38711
金星	0.61521	0.72335073	72335
地球	1		100000
火星	1.88073	1.523646791	152365
木星	11.856	5.199466612	519947
土星	29.4217	9.530415649	953042



FittedModel [$0.992573 x^{1.50444}$]



FittedModel [$3.16225 \times 10^{-8} x^{1.5}$]

天文学・物理学の受容

中国

春秋戦国時代：置閏法，連大配置法の暦

漢代：蓋天説，渾天説の宇宙論（論天説）

元：イスラム・アラビアの科学技術が伝わり，天体観測技術の水準が上がる

●1281-1644（元・明）：授時暦

1太陽年=365.2425日，
1朔望月=29.530593日

★天動説，ティコ・ブラーエの説

1620? 『崇禎暦書』すうていれきしょ

『暦算全書』

1645『西洋新法暦書』

●1645-1911（清）：時憲暦

ドイツの宣教師アダム・シャルル
中国最後の太陰暦（いわゆる旧暦）

1675『天経或問てんけいわくもん』

1723, 1738『暦象考成』上下編
『五星本天皆以地為心』
ティコ・ブラーエの観測値

★ケプラー，楕円軌道・不等速運動説
（地動説含まず）

1742『暦象考成後編』宣教師ケーグラ
ニュートンの歳実

司馬江漢

1793『地球全図略説』

1796「和蘭天説」地動説に触れる

1808『刻白爾天文図解』地動説を紹介

山片蟠桃

1805? 『夢の代』

日本

●862（貞観4）：宣明暦（せんみょうれき）

1639（寛永16）：鎮国

1643：宣教師キアラ(G.Chiara) 天文書持ち込む

C.Ferreira（沢野忠庵）・向井元升『乾坤弁説』
アリストテレスの4元素説を中国流の陰陽五行説で批評
地が円くて天の中央にあることを肯定

●1685（貞享2）：貞享暦（じょうきょうれき），渋川春海

徳川吉宗，禁書令の緩和，西洋天文学を用いた改暦を指示

1733『暦算全書』翻訳，中根元圭

●1755（宝暦5）：宝暦暦（ほうりやくれき）

1763年の日食を外す，1771年修正宝暦暦。しかし，
閏月計算に不具合発生。

大坂暦学派

三浦梅園

麻田剛立（1734-1799）

天文暦学研究，天体観測，消長法，『時中暦』

1786『実験録推歩法』，89? 奇法発見?

1797? 『五星距地之奇法』

間重富 1796? 天行方数諸曜一之理

高橋至時

●1798（寛政10）：寛政暦

西洋天文学を取り入れた暦。

1802『新修五星法図説』

1804『ラランデ暦書管見』 ←1803

伊能忠敬

ガリレオ衛星の食観測

渋川景佑 1822『新修五星法』

高橋景保 『新巧暦書』 ←

●1844（天保15）：天保暦

日本最後の太陰暦（いわゆる旧暦）

渋川景佑 1846『新法暦書統編』

●1873（明治6）：太陽暦・グレゴリオ暦

ヨーロッパ

1543：コペルニクス
『天球の回転について』

1609：ケプラー『新天文学』

1619：ケプラー『世界の調和』

1632：ガリレイ『天文対話』地動説擁護

1687：ニュートン
『自然哲学の数学的諸原理』
（プリンキピア）

コペルニクスの太陽系説

長崎天文学派

本木良永（1735-1794）

訳語として惑星・視差・
近点・遠点など

1774『天地二球用法』 ←

1792『星術本原太陽窮理了解新制天地二球用法記』 ←

志筑忠雄（1760-1806） 訳語として遠心力など

1798, 1802『暦象新書』 ←

巻末に『混沌分判図説』独自の太陽系起源説

ラプラス・カントの星雲説(1796)とほぼ同時

Newton力学
Kepler 3法則

中東

●BC45：ユリウス暦，
カエサル
1太陽年=365.25日

●622：ヒジュラ暦

1年=354日

●1587：グレゴリオ暦，
グレゴリウス13世
1太陽年=365.2425日

W.J.Blaeu著
Tweevoudig onderwijs van de hemelse
en adressen globen
1666

J.Keill 著 J. Lulofs蘭訳
Inleiding tot de ware Natuur en
Sterrenkunde
1741

B. Martin 著 I.Tirion蘭訳
Natuurkunde
1744

G.Adams 著 J. Ploos蘭訳
Gronden der Starrenkunde
1770

J.-J. L. de Lalande著 (A.B. Strabbe蘭訳)
Astronomia of Sterrkunde
1773-80

第1表 惑星軌道半径の相対距離 (地球=1)

	土 星	木 星	火 星	金 星	水 星
1. プトレマイオス	9.2336	5.2165	1.5191	0.7194	0.3708
2. コペルニクス	9.1743	5.2197	1.5198	0.7193	0.3763
3. 天経或問	8.73877	5.05949	1.49416	0.74314	0.40673
4. 五礼通考	9.59141	5.18274	1.52683	0.72249	0.38500
5. ケプラー a	9.51	5.1965	1.5235	0.724	0.38806
b	9.510035	5.20000	1.523495	0.72413	0.38806
6. プリアリテ	9.54198	5.22520	1.5235	0.72398	0.38585
7. ニュートン a	9.53806	5.20100	1.52399	0.72333	0.3871
b	9.54006	5.20096	1.52369	0.72333	0.38710
8. ケイル	9.53800	5.20110	1.52369	0.72333	0.3871
9. ハレー	9.54007	5.20098	1.52369	0.72333	0.3871
10. ラランデ a	9.5393683	5.2009791	1.5236927	0.7233324	0.3870988
b	9.5393683	5.200979	欠	欠	0.3870988
11. 剛立	9.53042	5.19947	1.52365	0.7235	0.38711
12. 至時 a	9.53299	5.19957	1.523656	0.7233393	0.3871062
b	9.5379885	5.20109295	1.5236888	0.7233324	0.3870992
13. 景佑 a	9.5327748	5.1995665	1.523656	0.7233394	0.3871062
b	9.5384237	5.2010043	1.5236920	0.7233323	0.3870988
14. 現在値	9.538843	5.202803	1.523683	0.723331	0.387099

- ① アルマゲスト中の本天(deferent), 本輪(epicycle)のデータより計算. J. L. E. Dreyer, *A history of astronomy from Thales to Kepler*, p. 202 (1905).
- ② *De revolutionibus* 所載. Dreyer, p. 339.
- ③ 『天経或問』に与えられた惑星公転周期より, 志筑忠雄が計算したもの『暦象新書』所載.
- ④ 『五礼通考』より同上の如く出したもの. 『暦象新書』.
- ⑤ aは『暦象新書』所載, bはラランデの蘭原著に出るもの.
- ⑥ 『暦象新書』所載, Ismaël Boulliau とも綴る (1605~1694).
- ⑦ aは『暦象新書』所載, bは *Principia* に出ている値.
- ⑧ 『暦象新書』所載. 実は Thomas Streete のカロリン表 (1661) に出ている値. これは至時の『新修五星法図説』付録に出る値と一致する.
- ⑨ ラランデの蘭原著に出ている値.
- ⑩ aはラランデの蘭原著に出ているもの. bは『暦象新書』に転載されているもの.
- ⑪ 西村太冲が麻田剛立の『五星距地之奇法』として出している値.
- ⑫ a, bともに『新修五星法図説』付録に出る. 至時の観測より導き出した値.
- ⑬ a『新修五星法』(文政5(1822)年), 『寛政暦五星法統録図説』五星本天半径 (天保9(1838)年) 卷5, b『新暦法稿』(天保13(1842)年頃) 卷5に出るもの.

中山茂(1969)

科学史研究

まとめ

- * 麻田剛立がケプラーの第3法則に相当する関係を独自に見つけたどうかは不明.
- * しかし、物理的な理解に至らなかったことは確か（その点ではケプラーと同じ）.
- * 仮に法則を独自に発見していたとしても、元のデータにすでにケプラーの法則が適用されていた可能性も.
- * たとえ麻田の五星距地之奇法が独自の発見ではなかったにしても、間の天行方数諸曜帰一之理が的外れであるにしても、当時の日本人としては仕方のない話.
むしろ、科学的な態度が醸成されていく過程が見られることはもっと積極的に評価されるべき.