

間重富「垂球精義」の「秘法」

上原 貞治

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所

談天の会・例会、2008.5.31, 国立天文台

主な論点

「垂球精義」—— 間重富の研究メモ(1805年)

本文内容:「振り子の法則」と「ケプラーの第3法則」の関連の説明

秘法: その末尾にある図解

図による解法の説明? それとも起源への言及?

- ・天文学、物理学の法則の起源に関するもの。
西洋物理学に基づいていない。東洋にも他に似たような例なし。
間重富の完全な独創か
- ・しかし、私には意味不明。おそらく、残念ながら成功していない
(しかも未完成)
- ・東洋天文学→蘭学→近代科学 の過渡期でのユニークな事例
(比較文化学の方法?)
- ・間重富の天才的直感をしめすものか?

間重富の時代背景

間重富(1756-1816) — 1805年は満49歳
高橋至時と並ぶ大坂学派(麻田派)の重鎮

寛政の改暦(1797)→麻田剛立の死(1799)
→高橋至時の死(1804)→江戸へ(1804)

以後は、至時の子息(高橋景保と渋川景佑)の指導と共同研究、
伊能忠敬の測量の支援、
日本地図、世界地図の作製、ラランデ暦書の解説 へと進む

脂がのりきってはいたが、公私ともにたいへん苦勞が多く、
環境が激変していた時期ではないか。

(嘉数次人氏の研究「文化年間における間重富の天文学」
などに詳しい)

学問的背景：間重富が知っていたこと

- ・地動説、ケプラーの第1、第2法則、
 - 蘭学の一般的な知識、暦象考成後編（→寛政の改暦の一部）
- ・ケプラーの第3法則
 - 麻田剛立の独立発見(1789頃)、ラランデ暦書（高橋至時からの伝聞？）
西洋と日本の両方で独立に発見された、と認識
- ・振り子の法則（糸の長さとの関係）
 - 霊台儀象志（ベルギー人南懷仁 → 清で出版）

学問的背景：間重富が知らなかったこと

- ・17世紀後半以降に確立した西洋近代科学
ニュートンの力学の内容の理解はしていない
志筑忠雄「暦象新書」は読んでいない
(存在を知っていたかについても肯定的証拠無し)
- ・ラランデ暦書の理解については微妙
高橋至時の急死(1804)――引き継ぎのヒマ無し
おそらくオランダ語読めず、高橋の子息も未熟、公私とも超多忙、

高橋「ラランデ暦書管見」および他の蘭学者の助け 如何

1805年の時点では、高橋至時の理解レベルには達していなかった。

「垂球精義」の本文の主旨

「振り子の法則」-- 周期が糸の長さの平方根に比例

→ 振動数の2乗が糸の長さに反比例

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

T : 周期 = $1/n$
 l : 糸の長さ
 g : 重力加速度

$$n^2 \sim r^{-1}$$

「力のモーメントの釣り合い」

→ 天秤(あるいは棹秤)の長さが重量に反比例

$$l \sim 1/mg$$

r と重さの関係

これは、互いに関係している。

「ケプラーの第3法則」(五星距地之奇法) (円軌道で考える)

・麻田の法則と西洋の法則は同等

→ 周期の2乗が軌道半径の3乗に比例

$$P^2 \sim r^3$$

→ 角速度の2乗が軌道半径の3乗に反比例

$$\omega^2 \sim n^2 \sim r^{-3}$$

無関係ではない(「五星距地之奇法」に既出)。

間の推論(1)

「ケプラーの第3法則」と「振り子の法則」の同型化

角速度の2乗が軌道半径の3乗に反比例
→ 両辺に半径の2乗をかけると、

$r \omega = v$ だから

$$r^2 \omega^2 \sim v^2 \sim r^{-1}$$

公転速度の2乗が軌道半径に反比例

振り子の法則に近い（ただし、速度の2乗 vs 振動数の2乗）

$$n^2 \sim r^{-1}$$

（また、力のモーメントで重量が棹の長さに反比例するのも共通）



天行方数諸曜帰一理

間の推論(2)

「力のモーメントの釣り合い」がより根元的な法則 ← 東洋自然哲学
重量が 半径に反比例

これから派生して 1. 「振り子の法則」

振動数の2乗が半径(糸の長さ)に反比例

2. 「ケプラーの第3法則」

公転速度の2乗が 半径に反比例

重量と速さの関係の一般的な法則がある、
として統一的に理解しようとした (定式化はできなかった)

太陽からの距離に応じて「気」の重さが違う
(東洋哲学+「宇宙空間の希薄な大気」のイメージ)

棹秤の釣り合いのようにして、惑星の周期が定まる

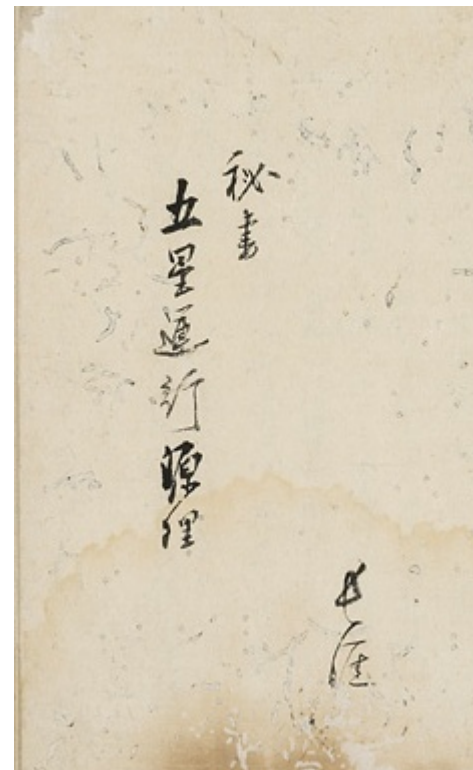
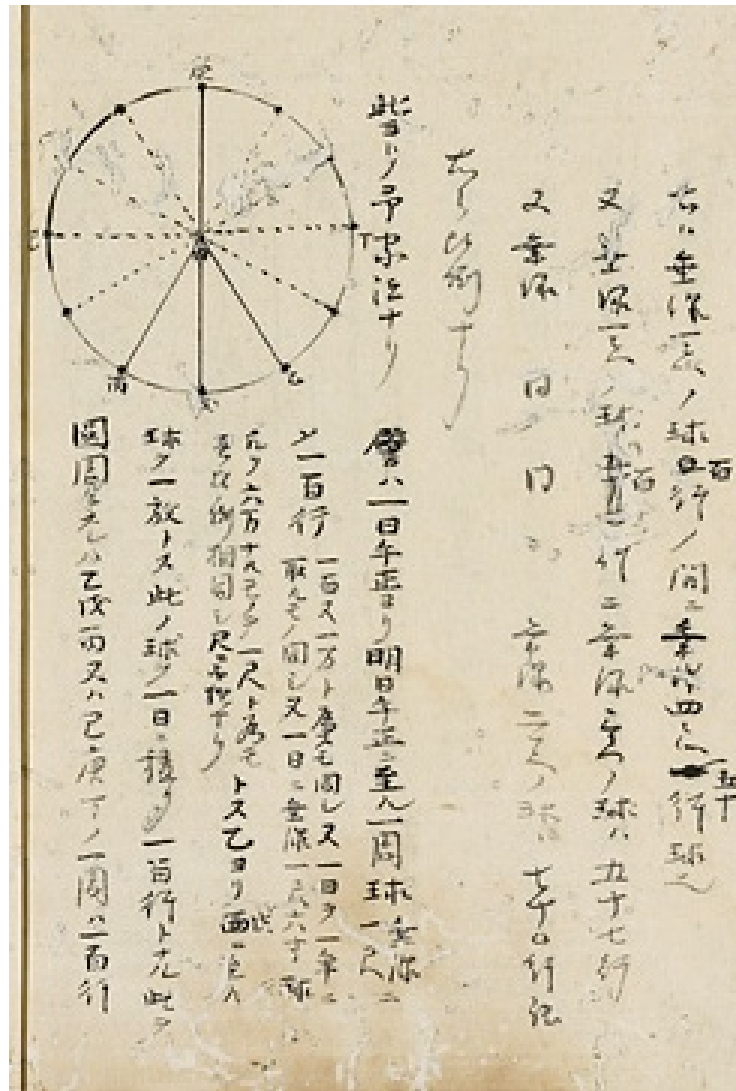
「秘法」の部分

内容

惑星の公転 $\longleftrightarrow$ 振り子の運動

周回運動 $\longleftrightarrow$ 往復運動

残念ながら私にはほとんど意味不明
「秘書」とされている。未完成



羽間文庫、
大阪歴史博物館

「秘法」のテキスト(一部抜粋)と図

秘書 五星運行源理

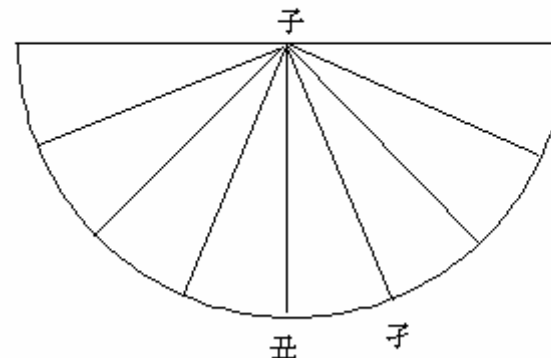
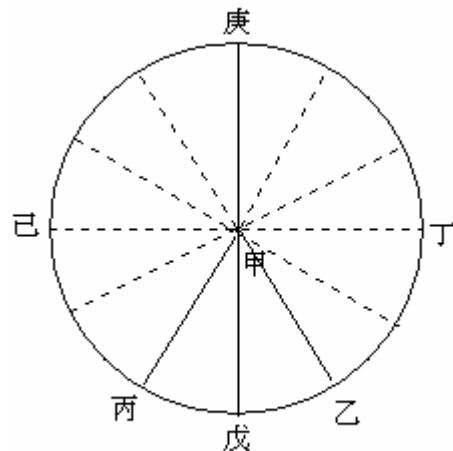
(前略。この部分は垂球の法則の計算)

これより予家法なり。譬えば1日午正より明日午正に至る1周球(垂線1尺)にして100行(100又1万と為すも同じ。又1日を1年に取るもの同じ。又1日に垂線1尺6寸、球およそ6万なるもので1尺と為すもその比例相同じ尺口口なり)とす。乙より戊丙に至る球を1放とす。この球の1日に積もりて100行となる。これを円周とすれば、乙戊丙、又は己庚丁の1周は100行となる。然れば円積を以て譬えば、戊甲丙、又は戊甲乙の如きは1球の積なり。又、次の図の如く、垂線4尺、球行1日1周50行(7万とするも700とするも同じ)、丑子子を1行とす。円周を積み50行とする。然れば、子子丑の円積は1行の積なり。唯々、垂球1日1周行、或いは、6万なれば6万を円周に配分するなり。然るにおよそ1日6万万(ママ)は所視の球行なり。垂球の元 口に非ず。

(中略。この部分 垂球の法則の計算)

右垂球に因って天度を論ず左の如し。

太陽1周365日有る寄は、即ち、1年に365球有る寄の如し。故に先ず平行を以て論ぜば、前垂球の例の如く円周に365球を配口するなり。 (「垂球精義」末尾)



私の推論(1)

「振り子の法則」と「ケプラーの第3法則」のさらなる統一？：

→ **振り子の往復運動の円周化**

間の議論：

振り子の往復運動を円周に配置し、1周が1日ぶんの振り子の振動による動きになるとする

$$2\pi r = n d \quad \text{----(1)}$$

r は振り子の糸の長さ、図の円周の半径は糸の長さに対応

n は振動数(1日を単位時間とする)、 d は1振動ぶんの移動距離 (たとえば振幅の4倍)

惑星の公転運動の1周を(ここでは地球を例とし、天動説を採って太陽が動くとしている)円周とし、それを周期で分割する。分割された移動距離 d は、

$$d = 2\pi r / T \quad \text{---(2)}$$

垂球精義はここで終わっている。

(1)式と(2)式が類似しているか調べてみよう。

(1)式に、振り子の法則を適用すると、

$$d \sim r/n \sim r \sqrt{r} \quad \text{----(1')} \quad d \text{ (または振幅) についての拘束条件}$$

(2)式に、ケプラーの第3法則を適用すると

$$d \sim 1/\sqrt{r} \quad \text{---(2')}$$

合わない。

速度や面積速度で比べても合わない

私の推論(2)

間の方式の修正案:

間は以下をめざしたのかも知れない

(1')の右辺がすでにケプラーの第3法則の公転周期の比例に一致だから、(2)で T での割り算を持ち出した？

(1')との類似性を考えるならば、何らかの単位時間当たりの運動の量で割り算するべき。

今、(2)を修正して、全周を速度 v で割れば、その商は周期に等しくなる

$$d' = 2\pi r / v = T \sim r \sqrt{r} \quad \text{---(2'')}$$

これで、(1')と(2'')は同じかたちとなる。

しかし、これでも成功とは言えない。

(1')の左辺 d は「距離」。 (2'')式左辺の d' は「時間」
全く違う物理量に類似の比例関係が成り立っていても、意味をなさない。

私の推論(蛇足?)

はじめから修正: 間は出発点で間違った。
以下のようにすれば良かった。

「振り子の法則」と「ケプラーの第3法則」の同型化 — 比例式を見る
振幅を固定する → 速度と角速度は同等になる

(1)式で考え方を改めて、 $d = \text{定数}$ (r によらない)

全周 $2\pi r$ を定数の1回の振動距離 d に分割する。

球は今度は単位時間に円を1周せずに、 nd だけ進むことになる。

これは振り子の球の平均速度:

全周をこの速度で割ると、垂球の「公転周期」 T' が得られる。

$$T' = 2\pi r / (nd) \sim r \sqrt{r} \quad \text{---(1'')}$$

これで、(1'') と (2'') は 同型。ともに周期。

ただし、本文の比例式の類似点の指摘だけでも本質的にはこれと同等で十分な間のひらめきをしめすものである。

まとめ

- 間重富の「垂球精義」は、日本人が独自のアイデアに基づいて、天体の運動の根拠を「力学的」かつ数理的に解き明かそうとした希有の書である。
- 秘法部分は、意味がわかりにくい。
あるいは何らかの勘違いのために未完。

惑星の運動と振り子の運動の類似性を図の上で明瞭に示そうとしたきわめてユニークな野心作であったと見られる。