

プラネタリウムの惑星棚に関する調査と 惑星投影の精度向上に向けての改良案

堤 くらら、吉田 理紗（高1）【神戸女学院高等学部】

プラネタリウム投影機内で惑星投影の役割を担う、「惑星棚」の構造と精度について、「ミノルタプラネタリウム MS10」を用いて調査を行った。また、木星と土星の公転周期をより正確に再現するため、惑星棚を構成する歯車の歯数について改良を試みた。

1 はじめに

惑星棚とは…機械式プラネタリウムに含まれる太陽、月、惑星を投影する機構
年周軸の回転により歯車が回転し、それぞれの歯車の組み合わせにより地球と他の惑星の公転周期の比が再現されている。惑星棚の構造をより詳しく知るため、実際に歯車の歯数を数えることにした。明石市立天文科学館で所蔵されているコニカミノルタ社製機械式プラネタリウム「ミノルタプラネタリウム MS10」（以下MS10）を調査の対象とした。

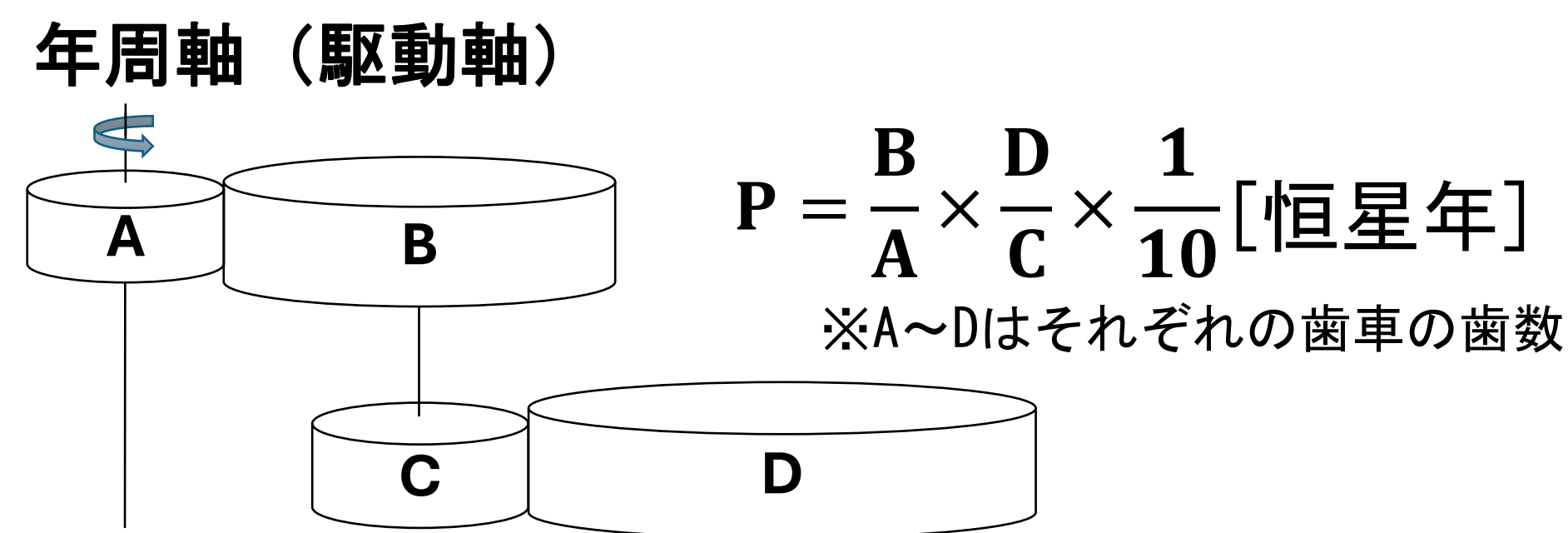


図2 公転周期Pの求め方

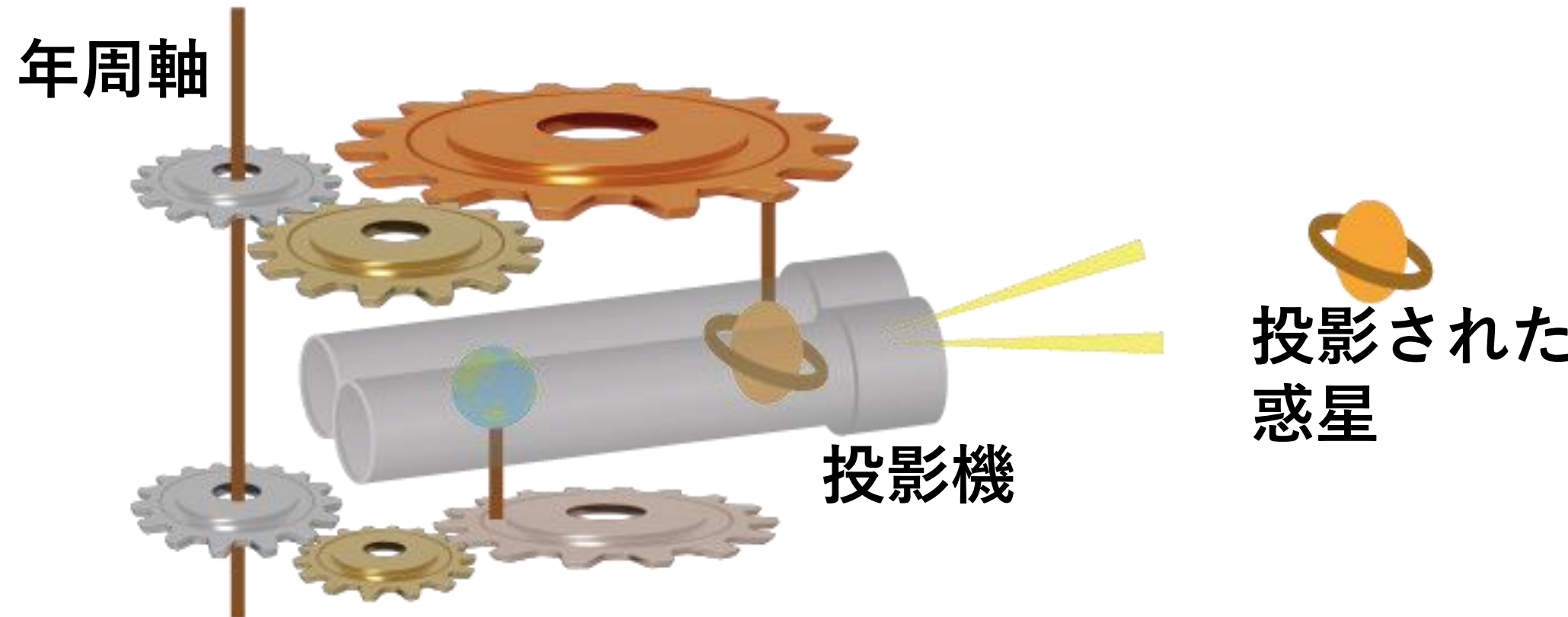


図3 惑星棚の惑星投影のしくみ

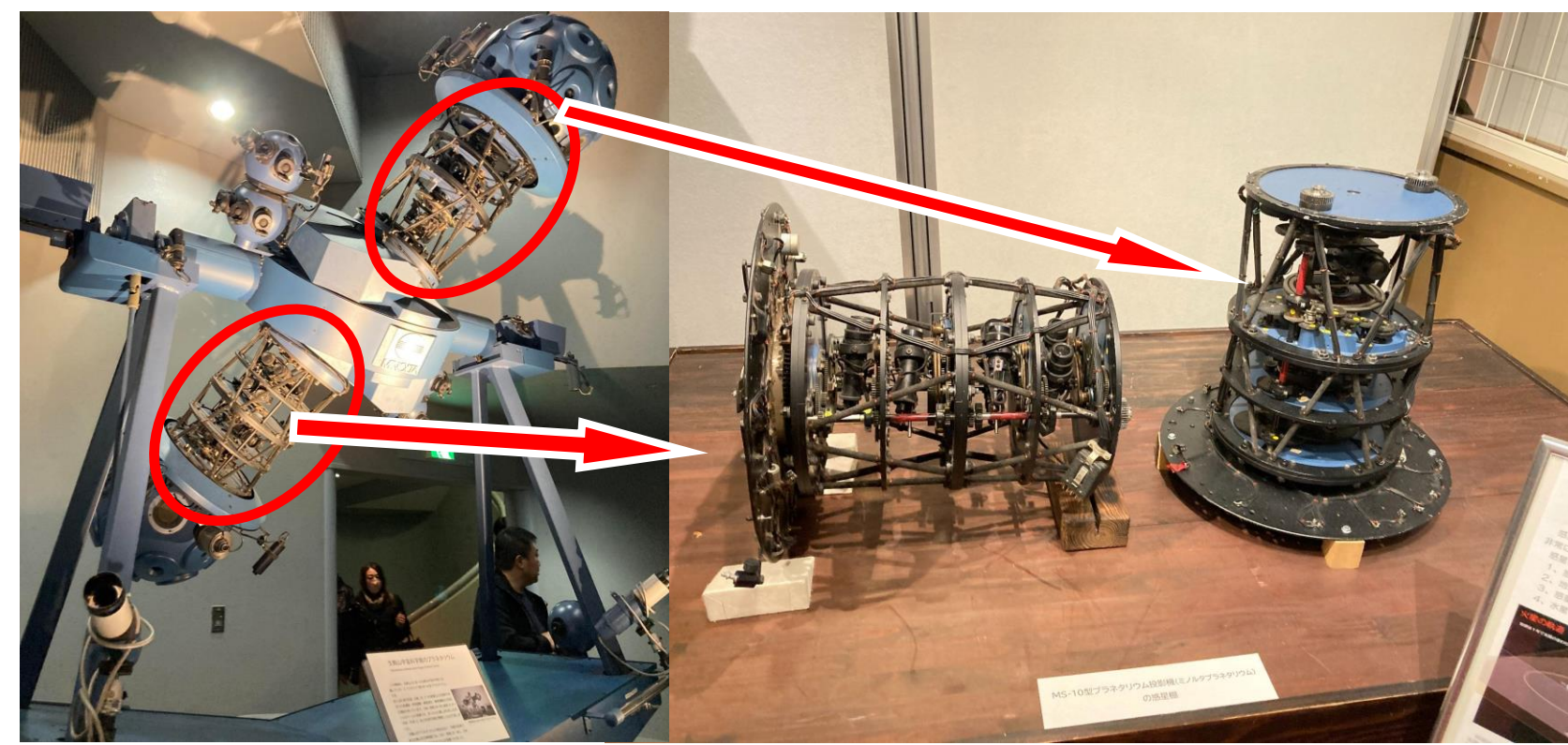


図1 MS10
左) 大阪市立科学館 右) 明石市立天文科学館

2 研究内容

調査の結果、惑星棚の木星と土星を投影する部分の歯車とその歯数は、それぞれ図4と図5のようになっていることが分かった。さらに、MS10で再現されるそれぞれの公転周期を【MS木星】【MS土星】とし、目標とする公転周期の値との誤差を求めた。

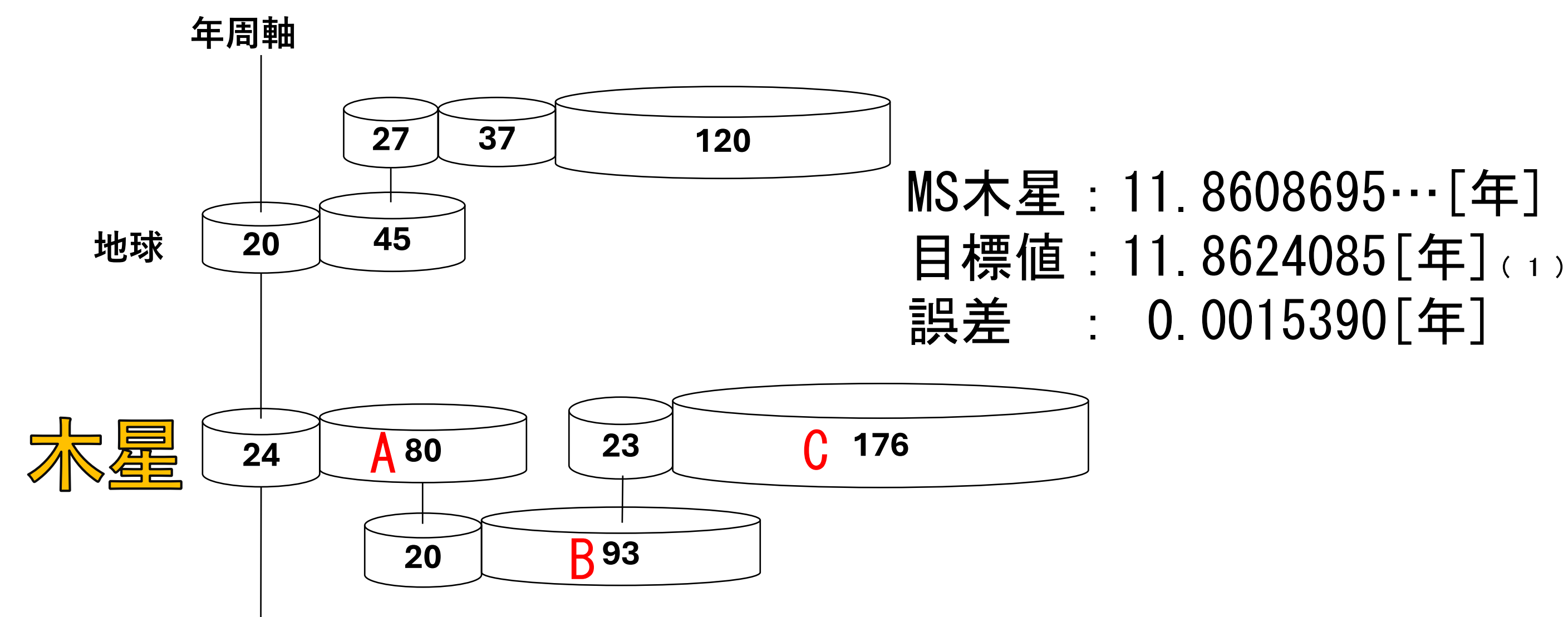


図4 MS10惑星棚の木星投影部分

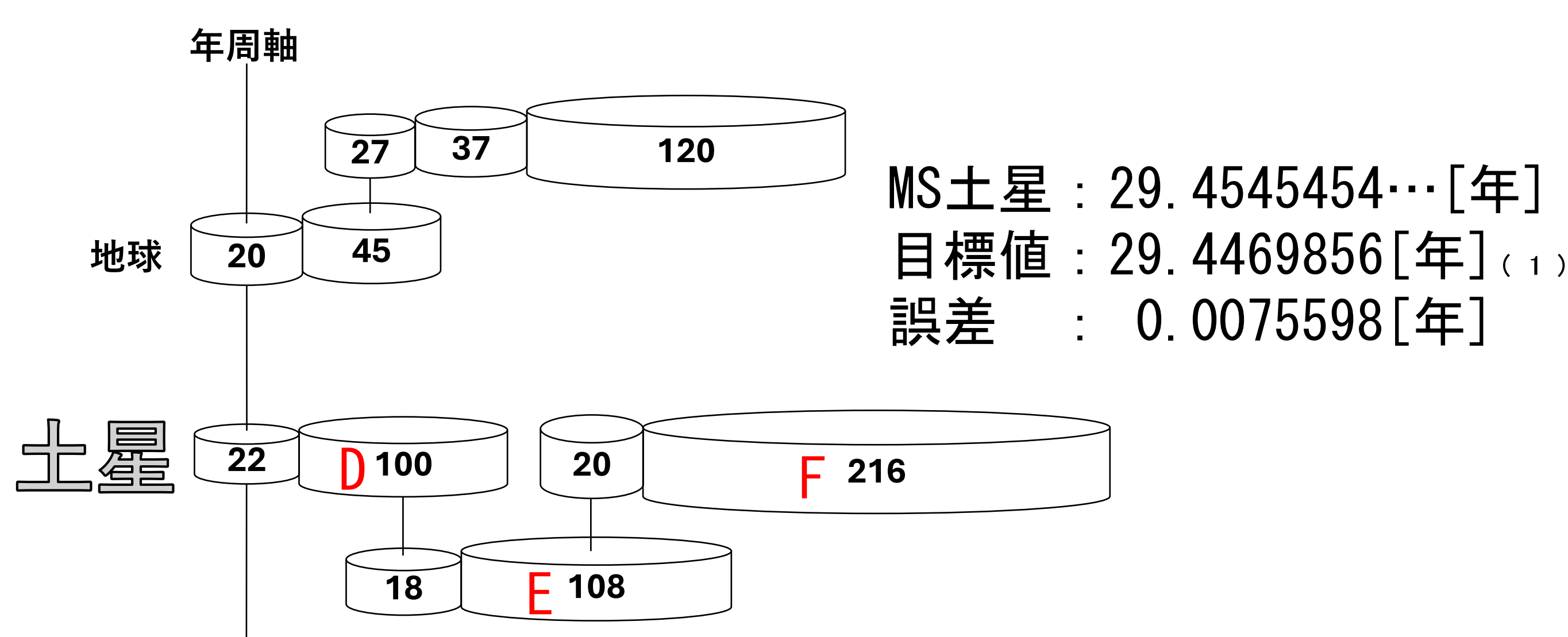


図5 MS10惑星棚の土星投影部分

惑星棚により再現される、公転周期の精度をさらに高めたい。そのために目標値との誤差を小さくできる歯数の組み合わせを考えた。

【過程】

歯車の圧力角や制作の際の実現性の観点から、以下の二つの条件を満たすような歯数を考える。

条件1：歯車数はMS10と同じ6枚

条件2：歯数の範囲はMS10と同じく最小は18歯、最大は216歯

MS木星

理想の歯車の式： $\frac{A}{24} \times \frac{B}{20} \times \frac{C}{23} \times \frac{1}{10} = 11.8624085$

よって理想の $A \times B \times C$ は1309609.908…である。A、B、Cはそれぞれ整数なのでこの3つの積で表せるのは整数のみ。そこで1309609.908…に近い整数から順に $A \times B \times C$ の形にできるのかを調べる。

(i) $A \times B \times C = 1309610$ のとき
 $1309610 = 2 \times 5 \times 173 \times 757$ これは条件2を満たさない

(ii) $A \times B \times C = 1309609$ のとき
 $1309609 = 7 \times 61 \times 3067$ これは条件2を満たさない

(iii) $A \times B \times C = 1309611$ のとき
 $1309611 = 3 \times 29 \times 15053$ これは条件2を満たさない

(iv) $A \times B \times C = 1309608$ のとき
 $1309610 = 2^3 \times 3^4 \times 43 \times 47 = 81 \times 86 \times 188$

A=81 B=86 C=188 とすると条件1、2のどちらも満たす

MS土星

理想の歯車の式： $\frac{D}{22} \times \frac{E}{18} \times \frac{F}{20} \times \frac{1}{10} = 29.4469856$

よって理想の $D \times E \times F$ は2332201.261…

(i) $D \times E \times F = 2332201$

$2332201 = 659 \times 3539$ これは条件2を満たさない

(ii) $D \times E \times F = 2332202$

$2332202 = 2 \times 1166101$ これは条件2を満たさない

(iii) $D \times E \times F = 2332200$

$2332200 = 2^3 \times 3 \times 5^2 \times 13^2 \times 23 = 100 \times 138 \times 169$

D=100 E=138 F=169 とすると条件1、2のどちらも満たす

【結果】

新しい歯数の組み合わせによって再現されるそれぞれの公転周期を【MS木星(new)】【MS土星(new)】として目標値との誤差を求め、MS木星、MS土星と目標値との誤差とそれぞれ比較する。

MS土星と目標値との誤差
0.0075598 [年]

MS木星(new) : 29.4469696… [年]
誤差 : 0.0000159 [年]

約 $\frac{1}{89}$ 倍

MS木星と目標値との誤差
0.0015390 [年]

MS木星(new) : 11.8623913… [年]
誤差 : 0.0000173 [年]

約 $\frac{1}{475}$ 倍

3 考察・展望

今回の研究では歯車の歯数を変更することで、より目標値に近い公転周期を再現することができた。しかし、MS10の開発時に使われていた目標値が今回用いた目標値と異なることも考えられる。目標値にふさわしい数値の導出についても今後考察を行いたい。

今後は木星、土星以外の惑星や月の機構についてもさらに詳しく調べ、よりよい精度になるよう改良していきたい。

4 参考文献

(1) NASAアメリカ航空宇宙局 Planetary Physical Parameters https://ssd.jpl.nasa.gov/planets/phys_par.html (閲覧日2025/1/19)