

楕円軌道が南中時刻の変化に与える影響

国立天文台のサイトに有った「南中時の変化」が、なかなか理解ができませんでした。これを理解するために少々努力し、私なりの理解にたどり着きましたので、まとめておこうと思います。

以下、第 1 章に国立天文台の解説（サイト(1)の抜粋）、2 章 3 章に（素人の）私の理解。4 章に結果、最後に私の個人的違和感を紹介します。

1. 天文台の解説

国立天文台の解説(1)は次のようにあります。

* 近日点では速度が速まり、遠日点では速度が遅くなります。速度が速ければ、その分だけ余計に自転しなければならない量は増加、南中から南中までの間隔は長くなり、南中時刻はだんだん遅くなっていきます。

* 遠日点付近では地球は遅く動きます。その分だけ余計に自転しなければならない量は減少、南中から南中までの間隔は短くなり、南中時刻はだんだん早くなっていきます。

次の図が南中時の変化です。

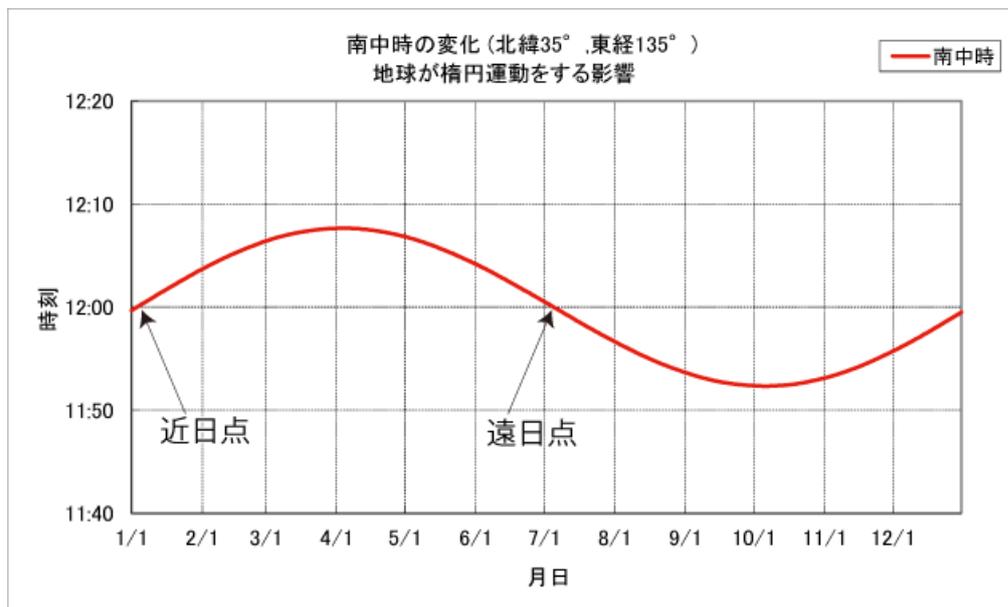


図 1

2. 等速円運動のモデル

以下、楕円軌道が南中時刻の変化に与える影響を簡単なモデルを使って紹介しますが、先ず最初に基本となる等速円運動のモデルを示します。

このモデルの仮定は以下の通りです。

* 地球の地軸に傾きはなく、地球は（楕円ではなく）正円上を移動する。

*太陽の周りを、地球は1日1回の自転をしながら8日間で一周します。

図2は、公転軌道を上空から見たものです。

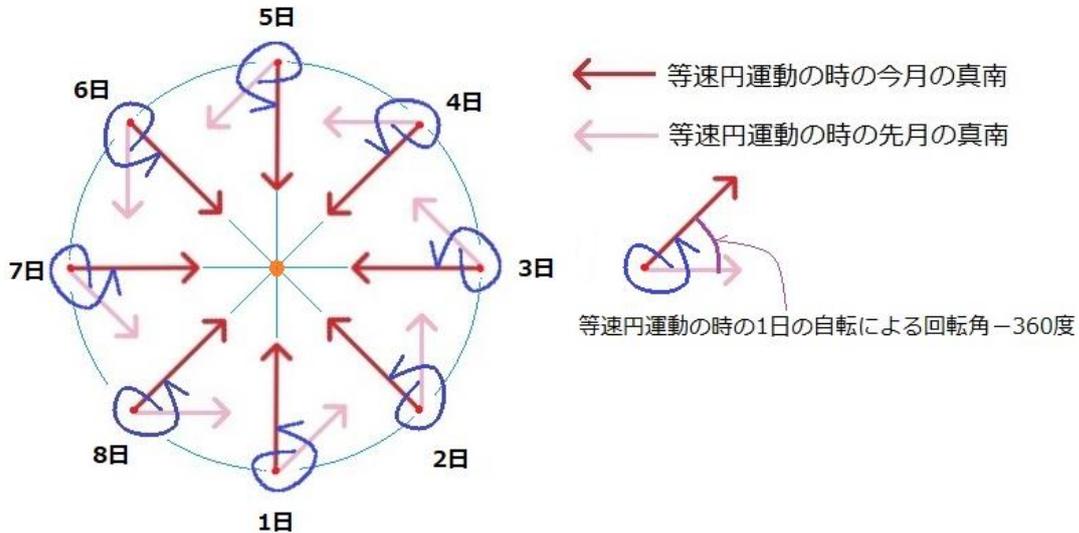


図2

赤矢印が、今月の真南、ピンク矢印が先月の真南です。

青矢印は、地球の自転を示しています。

地球から太陽を真南に見るには、1日の自転の間に発生する公転による移動をカバーするため、1日360度の回転に加えて、赤矢印とピンク矢印の成す角だけ余計に回転しなくてはなりません。

図2の右に、この余計な回転を示した図を加えました。この回転角は1年が何日かによって決まります。円軌道を左回りで走る自動車のハンドルを左方向に向け続けている角度のイメージです。上のモデルは8日で1年ですので、360度を超えた回転角は45度(360/8度)であり、実際の地球の場合は約1度(1/360度)になります。

3. 楕円軌道のモデル

次に楕円軌道をシミュレートするモデルを示します。

図3は、公転軌道を真上から見て、毎日同じ時間に8日間、地球をカメラで撮影したイメージです。

このモデルでは、地球の速度を、隣り合う2日間の地球の距離で表現しました。

地球の速度が一番速いのは近日点で、遅いのは遠日点です。図の一番下(8日から2日の間)は、地球の間隔が離れているので一番速く移動していることになり、近日点になります。

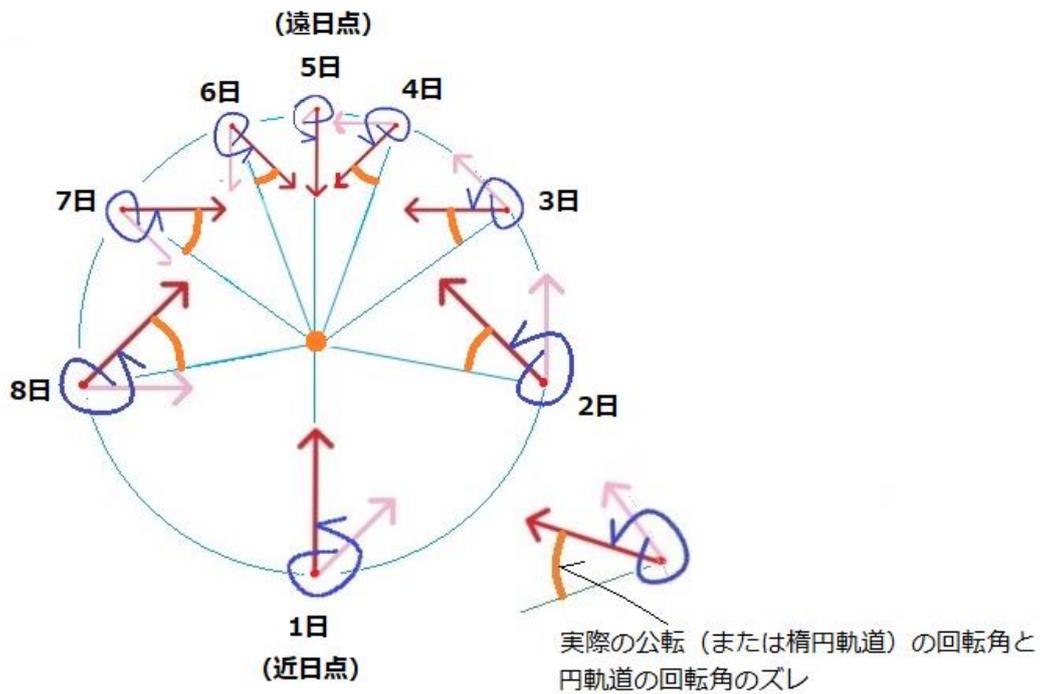


図 3

このモデルでは、新たにオレンジ色の回転角が登場しています。これは、2章に示した1日の「余計な回転角」と現実の回転角の関係を示しています。2日～4日を見ると、(年8日モデルの)45度の回転では赤矢印がまだ太陽の方を向いていません。太陽の方を向くには、さらにオレンジ色の角度を回転させなければなりません。

一方、6～8日では、既定の45度では行き過ぎてしまっていることが分かります。

1日目の位置を0度とおいて、左回りに日ごとの位置を角度で示します。

4. 結果

上のオレンジ色の角度はどのような数値かを次の図に示します。

計算は簡単で、2章の等速円運動の図と3章の楕円シミュレーション図の各日にちの位置の差の角度を求めればよいことになります。

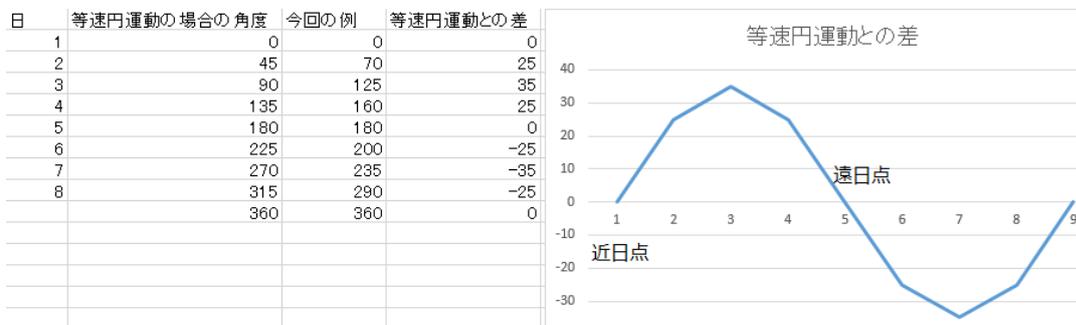


図 4

図4の右は、グラフ化した結果です。

これは図3の右下のオレンジ色の角度に相当すると共に、南中時刻の変化に相当します。
このグラフは、図1のグラフと同じであることが分かります。

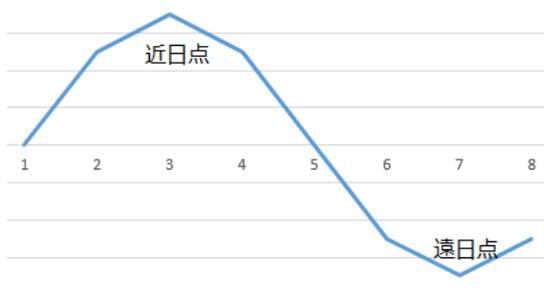
5. おわりに

以上、素人が「楕円軌道が南中時の変化に与える影響」を学習した結果で、一応、問題を理解することができました。

今回の学習の過程で、私を混乱させていた点を紹介しておきます。

(1) 天文台の説明に有った「近日点では速度が速まり、遠日点付近では地球は遅く動きます」という部分です。

私は、それなら南中時間は次のようになるのではないかと推測しました。



これが理解を遅らせました。

学習の結果分かったことは、一日の南中までの回転角の中に、既に「公転のために移動する角度」が組み込まれていたことでした。

学習の結果、一応解決しましたが何となくこの違和感は抜けきれません。

(2) 1日(ついでに)前後の地球は非常に速く移動しているのに、図4はサインカーブで、1日(ついでに)前後の縦軸方向の数値は小さい(0に近い)。ちょっと不思議な感じです。これら(1)(2)は、共通の問題なのかもしれません。

最後に、色々教えていただいた山田洋先生に感謝いたします。

参考サイト：

(1) 国立天文台：<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/>「日の出入りと南中/南中時刻は変化する」