

## 投稿

## 木星の自転から天文単位が分かる

佐藤明達

## 1. はじめに

天文単位は太陽系、ひいては宇宙を測る最も基本的な長さの単位である。この実距離を求めるため古来天文学者は非常な努力を払ってきた。歴代の観測による測定値の向上は鈴木敬信氏の表にまとめられている[1]。1984年筆者は太陽の自転によるドップラー効果を測れば天文単位が km 単位で求められることを示した[2]。これは精度はよくないが、鈴木氏の表にない新しい測定法である。

ところで増田盛治氏は 2005 年の西はりま天文台での年会で、木星や土星の自転によるドップラー効果を測ればそれらの距離が求められると述べた[3]。ただし氏は吸収線の波長もそれを生じさせる元素名も述べていない。ここでは定量的に、数値を挙げて計算法を説明しよう。

## 2. 原理

木星の赤道にスリットを当て、スペクトルを撮ると吸収線が傾いて写る(図1)。木星の縁Aは遠ざかるからドップラー効果によって

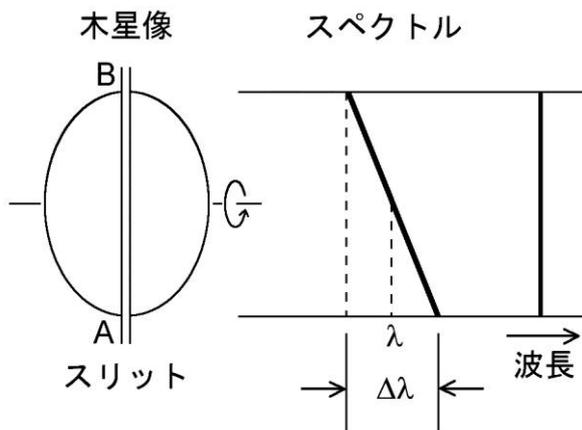


図1 傾いた吸収線

赤い方へずれ、縁Bは近づくから青い方へずれるのである。傾いた線は太陽大気による吸収線(telluric line)である。木星の赤道自転速度を  $v$  とすると、縁Aは吸収線を速度  $v$  だけずれて受け、それを地球に速度  $v$  で送り返すから、私達は  $2v$  の速度差を観測することになる。従ってAとBとの速度差は  $4v$  となる。それに対応する吸収線のずれを  $\Delta\lambda$ 、線中央の波長を  $\lambda$ 、光速度を  $c$  とすれば

$$\frac{4v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (1)$$

木星のスペクトルにはメタンやアンモニアの大気による吸収線があり、その傾きは太陽大気の吸収線の半分であるという人もある[4]が、これはおかしい。メタンガスは速度  $v$  で動いているからそれだけドップラー・シフトした太陽光を吸収し、その吸収を再び速度  $v$  で送り返すから、傾きは太陽大気の線と同じになるはずだ。

次に木星の自転周期を  $T$ 、赤道半径を  $R$ 、地球からの距離  $r$  における赤道視半径を  $\theta$  ラジアンとすれば

$$vT = 2\pi R \quad (2)$$

$$R = r\theta \quad (3)$$

## 3. 計算

例えば波長  $\lambda = 6000 \text{ \AA}$  の吸収線のAB間の波長差  $\Delta\lambda$  が  $1.00 \text{ \AA}$  であったとすれば、(1)より

$$v = 3 \times 10^5 \times \frac{1.00}{4 \times 6000} = 12.5 \text{ km/s}$$

理科年表によれば  $T = 0.414$  日であるから、(2)より

$$R = \frac{12.5 \times 0.414 \times 24 \times 60^2}{2\pi} = 71160 \text{ km}$$

ケプラーの第3法則により木星の軌道半長径は5.203天文単位であることが分かっている。理科年表によれば、衝のときの平均赤道視半径は23".46であるから、(3)より

$$r = \frac{71160 \times 360 \times 60^2}{2\pi \times 23.46} = 6.256 \times 10^8 \text{ km}$$

よって1天文単位は

$$\frac{6.256 \times 10^8}{5.203 - 1.000} = 1.488 \times 10^8 \text{ km}$$

となる。こうして太陽系内の天体の距離は全てkm単位で表わされることになった。

#### 4. おわりに

木星は矩の頃に僅かながら縁が欠けるから、スペクトル撮影は衝の頃が望ましい。土星は赤道傾斜角が26°.7もあるから、輪が水平になる頃の方が測定に適している。一方木星の赤道傾斜角は3°.1と僅かだから、この補正は必要ない。

赤道自転速度は太陽が1.994 km/s、木星が12.56 km/s、土星が9.871 km/sで、赤道両縁の速度差は太陽が2v、木星・土星が4vだから、同じ波長で比較すると木星の $\Delta\lambda$ は太陽の12倍もある。木星は明るくて高分散スペクトルの撮影が可能だから、天文単位の導出には太陽より木星の方が有利である。測定に使う吸収線は濃くてシャープなものがよい。なお木星・土星の傾いたスペクトル線の写真は文献[4]～[8]に載っている。

#### 参考文献

- [1]鈴木敬信著、「天文学辞典」、地人書館、1986、p.185  
 [2]佐藤明達、1984、太陽黒点による天文単位の測定、「天界」、No.712、p.249  
 [3]増田盛治、2005、木星・土星の高分散スペクトルによる教材案、「第19回天文教育研

究会年会集録」、p.45

- [4]田中済著、「惑星とその観測」、恒星社、1972、p.175  
 [5]鈴木敬信著、「天体写真集」、誠文堂新光社、1953、p.194  
 [6]宮本正太郎他著、「惑星をめぐる」、地人書館、1971、p.143  
 [7] F. L. ホイッブル著、小尾信弥他訳、「地球・月・惑星」、岩波書店、1971、p.176  
 [8] S. ミットン著、古在由秀他訳、「現代天文百科」、岩波書店、1980、p.207、233