日の出・南中・日の入

世界地図と理科年表，それに簡単な電卓をもって 1996 年 8 月 1 日ハワイのマウナケア山にすばる望遠鏡を見学に行くことにした．地図からマウナケア山の経緯度は，$\lambda =$ 西経 $155°30' \equiv -10^{\rm h}.3667$ (東経を＋，西経を－)，$\varphi =$ 北緯 $19°50'$，山の高さは，$h =$4206m とわかる．まず，南中の時刻は

$$T = 12^{\rm h} - (\lambda - \lambda_0) - \Delta T \tag{1}$$

λ_0 はハワイでの標準時の経度で，理科年表 (世界各地の標準時) によれば $\lambda_0 =$ 西経 $150° \equiv -10^{\rm h}$，ΔT は均時差で，太陽，月の項を見ると，8 月 1 日 (世界時 $0^{\rm h}$) $\Delta T = -6^{\rm m}18^{\rm s}.1$，8 月 2 日 $-6^{\rm m}14^{\rm s}.0$．ハワイ時間正午 $12^{\rm h}$ での値は比例配分して

$$\begin{aligned} \Delta T &= -6^{\rm m}18^{\rm s}.1 + \frac{12-(-10)}{24} \times \{-6^{\rm m}14^{\rm s}.0 - (-6^{\rm m}18^{\rm s}.1)\} = -6^{\rm m}14^{\rm s}.3 \equiv -0^{\rm h}.1040 \\ T &= 12^{\rm h} - \{-10^{\rm h}.3667 - (-10^{\rm h})\} - (-0^{\rm h}.1040) = 12^{\rm h}.4707 \equiv 12^{\rm h}28^{\rm m}.2 \end{aligned}$$

次に，日の出・日の入は，太陽の上辺が地平線に接する時をとり，また大気の屈折によって太陽自身が浮き上がって見えるので，図のように，地平線より μ だけ下にある時を計算する．図の $\Delta {\rm PS_2Z}$ より太陽の出入の時角 H は

$$\cos H = -\tan\varphi \cdot \tan\delta - \sin\mu \cdot \sec\varphi \cdot \sec\delta \tag{2}$$

ここで，μ は平均の値として $51'$，δ は太陽の赤緯．再び，年表：太陽，月の項の 8 月 1 日と 2 日の赤緯から比例配分して

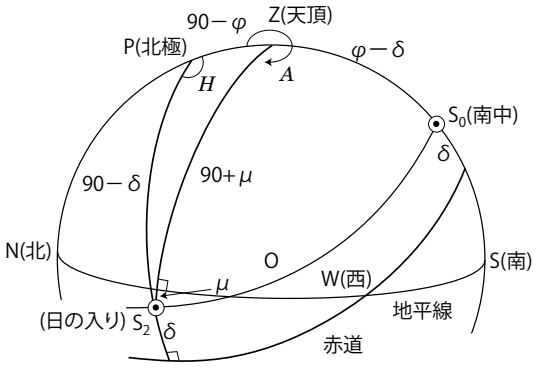
$$\begin{aligned} \delta &= +17°59'56'' + \frac{12-(-10)}{24} \times (17°44'41'' - 17°59'56'') = +17°45'57'' \equiv +17°.7658 \\ \tan\delta &= 0.3204, \quad \tan\varphi = 0.3607, \quad \sec\delta \equiv 1/\cos\delta = 1.0501, \quad \sec\varphi = 1.0631, \quad \sin\mu = 0.0148 \\ \cos H &= -0.3607 \times 0.3204 - 0.0148 \times 1.0631 \times 1.0501 = -0.1321 \\ \therefore H &= 97°.5901 \equiv 6^{\rm h}30^{\rm m}.4 \end{aligned}$$

ゆえに，日の出の時刻：$T - H = 5^{\rm h}57^{\rm m}.8$，日の人の時刻：$T + H = 18^{\rm h}58^{\rm m}.6$ となる．

高い所では，日の出はより早く．日の入はより遅くなるが．その効果は

$$\begin{aligned} \Delta t &= 0^{\rm m}.140 \times \sqrt{h \cdot \sec(\varphi+\delta) \cdot \sec(\varphi-\delta)} \\ \Delta t &= 0^{\rm m}.140 \times \sqrt{4206 \times 1.2621 \times 1.0007} = 10^{\rm m}.2 \end{aligned} \tag{3}$$

マウナケア山頂でみる日の出は $5^{\rm h}48^{\rm m}$，日の入は $19^{\rm h}9^{\rm m}$（ハワイ時間）となる．また，方位角 A は北から東まわりに測って．図より



$$\begin{aligned} \cos\mu \cdot \sin A &= -\cos\delta \cdot \sin H \qquad (4) \\ \sin A &= \pm 0.9523 \times 0.9912 \\ &= \pm 0.9439 \\ &\quad (\mu\text{は小さいので } \cos\mu \simeq 1) \\ A &= 70°.7172(\text{日の出}), \\ &\quad 289°.2828(\text{日の入}) \end{aligned}$$

すなわち，東または西の方向より，北へ 19 ° の方向に日の出，日の入を見ることになる．