

日の出の方位の変化の教材化

宮嶋 衛次

地球が地軸を公転面に垂直な方向から 23.4° 傾けたまま公転しているため、日の出の方位は1年を周期として変化している。ここでは、北海道における日の出の方位の変化を簡単な計算で求め、緯度による違いを調べた。また、赤道儀式天体望遠鏡を用いて日の出の方位を調べる方法や、日の出の方位から季節を知る方法を検討した。

【キーワード】日の出 月の出 季節変化 二十四節気 赤道儀式天体望遠鏡 太陽カレンダー

はじめに

イギリスにあるストーンヘンジは、石の配列が太陽や月の出没の方位に関係しており、古代の天文台であったという説がある。また岡山の吉備津彦神社の鳥居は夏至の太陽が昇る方位を向いている。このように人間は太陽の出没の方位について古代から深い関心を示していた。これは、季節の変化が太陽の出没の方位の変化として観測されるためである。

ここでは、人類の科学の歴史を学ぶ上で、日の出の方位の季節変化をどのように教材化するかを検討した。

1 季節による太陽の出没の方位の変化

太陽の出没の方位が変化するのは、太陽が天球上を1年を周期として黄道上を移動し、太陽の赤経や赤緯が変わるためである（表1）。

表1 太陽の天球上の位置

	春分	夏至	秋分	冬至
赤経(時)	0	6	12	18
赤緯($^{\circ}$)	0	+23.4	0	-23.4

北緯 ϕ ($^{\circ}$) の地点で赤緯が α ($^{\circ}$) の天体が地平線上に現れるのは東から北へ A ($^{\circ}$) の方位であるとする、これらの間には、

$$\sin A = (\sin \alpha / \cos \phi)$$

の関係がある。ただし、太陽の視半径の大きさと、大気による太陽光の屈折を無視している。

北緯 $42^{\circ} \sim 45^{\circ}$ におけるそれぞれの A の値を表2に示す。

表2 日の出の方位の緯度による違い

	42°	43°	44°	45°
春分	0	0	0	0
夏至	32.3	32.9	33.5	34.2
秋分	0	0	0	0
冬至	-32.3	-32.9	-33.5	-34.2

東を起点に北を+、南を-とする

このことから、北海道内では北の地点ほど、夏至の日の出の方位が北寄り、冬至の日の出の方位が南寄りになることがわかる。

2 二十四節気と日の出の方位

日本では、四季をさらに細かく区分する名称として二十四節気がしばしば使われる。この二十四節気は天球上の太陽の位置によって決まり、黄経が 15° 増加するごとに次の節気に移る。

黄経と赤緯との関係を図1に示す。この図から、夏至（黄経 90° ）と冬至（黄経 270° ）の頃には赤経の変化が小さく、春分（黄経 0° ）と秋分（黄経 180° ）の頃には赤経の変化が大きいことがわかる。このことは、春には昼の長さが日に日に長くなり、秋には日に日に短くなるという我々の感覚と一致する。

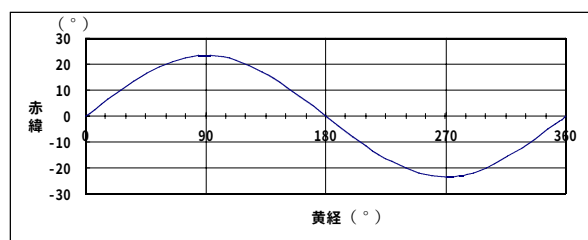


図1 黄経と赤緯との関係

二十四節気のそれぞれの赤緯から、緯度別の日の出の方位を求めることができる(表3)。

表3 二十四節気における日の出の方位

二十四節気	黄経 (°)	赤緯 (°)	観測点の緯度			
			42°	43°	44°	45°
春分	0	0	0	0	0	0
清明	15	+5.9	8.0	8.1	8.2	8.4
穀雨	30	+11.5	15.6	15.8	16.1	16.4
立夏	45	+16.3	22.2	22.6	23.0	23.4
小満	60	+20.3	27.8	28.3	28.8	29.4
芒種	75	+22.6	31.1	31.7	32.3	32.9
夏至	90	+23.4	32.3	32.9	33.5	34.2
小暑	105	+22.6	31.1	31.7	32.3	32.9
大暑	120	+20.3	27.8	28.3	28.8	29.4
立秋	135	+16.3	22.2	22.6	23.0	23.4
処暑	150	+11.5	15.6	15.8	16.1	16.4
白露	165	+5.9	8.0	8.1	8.2	8.4
秋分	180	0	0	0	0	0
寒露	195	-5.9	-8.0	-8.1	-8.2	-8.4
霜降	210	-11.5	-15.6	-15.8	-16.1	-16.4
立冬	225	-16.3	-22.2	-22.6	-23.0	-23.4
小雪	240	-20.3	-27.8	-28.3	-28.8	-29.4
大雪	255	-22.6	-31.1	-31.7	-32.3	-32.9
冬至	270	-23.4	-32.3	-32.9	-33.5	-34.2
小寒	285	-22.6	-31.1	-31.7	-32.3	-32.9
大寒	300	-20.3	-27.8	-28.3	-28.8	-29.4
立春	315	-16.3	-22.2	-22.6	-23.0	-23.4
雨水	330	-11.5	-15.6	-15.8	-16.1	-16.4
啓蟄	345	-5.9	-8.0	-8.1	-8.2	-8.4

3 月の出の方位の変化

月の軌道(白道)は、黄道に対して平均 5.1° 傾いていると同時に、18.6年を周期として回転軸が回転している。このため、地球の赤道面に対する白道の傾きは、最大で $23.4^\circ + 5.1^\circ = 28.5^\circ$ (小数点以下第2位まで計算して四捨五入すると最大 28.6°)、最小で $23.4^\circ - 5.1^\circ = 18.3^\circ$ となる。つまり、18.6年を周期として、

白道の赤道面に対する傾斜角はおおよそ $18.3^\circ \sim 28.6^\circ$ の間で変化する。月の赤緯は、この傾斜角が 28.6° のときは $-28.6^\circ \sim +28.6^\circ$ の間で変化する。

このため、月の出の方位は、日の出の方位よりも大きくふれることになる(表4)。

表4 月の出の方位

月の赤緯	観測点の緯度			
	42°	43°	44°	45°
+28.6	40.1	40.9	41.7	42.6
-28.6	-40.1	-40.9	-41.7	-42.6

東を起点として北を+、南を-とする

この計算値は白道と黄道との傾斜角を 5.1° としているが、実際は $5.0^\circ \sim 5.3^\circ$ の間で変化している。また、大気による月の光の屈折を無視して計算しており、これらに起因する誤差が考えられる。

なお、月の出とは月の中心が地平線に現れたときであり、このことにより誤差は生じない。

日の出が東からどのくらい北または南に寄ったところから出るかを図2、3に示した。図2は北海道の最南の北緯 41.5° 、図3は最北の北緯 45.5° のものである。月の出の最も北寄りと南寄りの方位も示した。

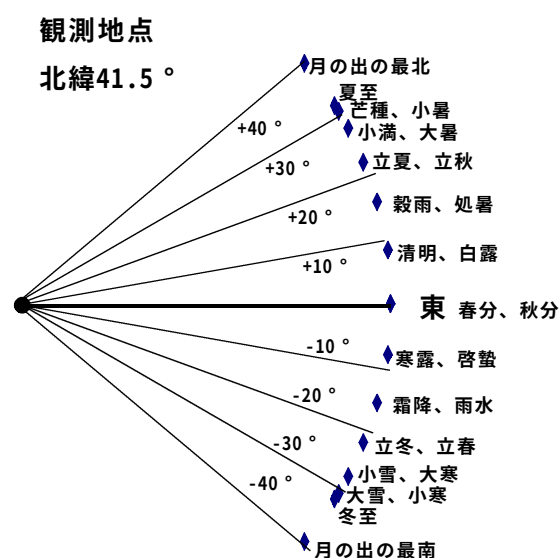


図2 日の出と月の出の方位(北緯 41.5°)

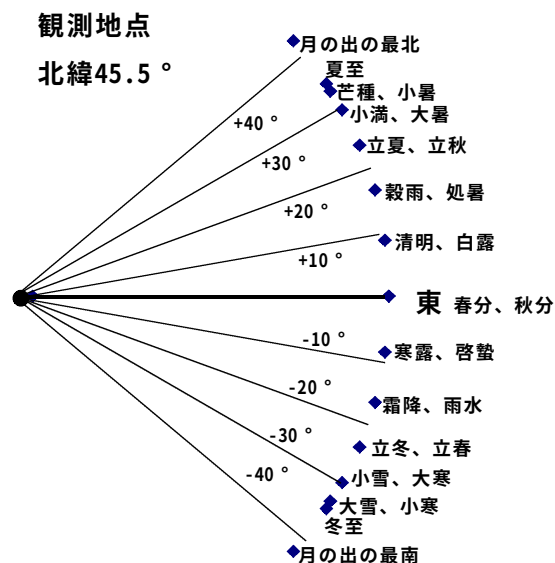


図3 日の出と月の出の方位（北緯45.5°）

一般に月は東から出て西に沈むと考えられているが、北緯45.5°の地点では日の出の方位の変化の幅が約90°に近い値となっている。

図4は、夏至の日や冬至の日における日の出の方位について、真東からの角度を緯度別にあらわしたものである。

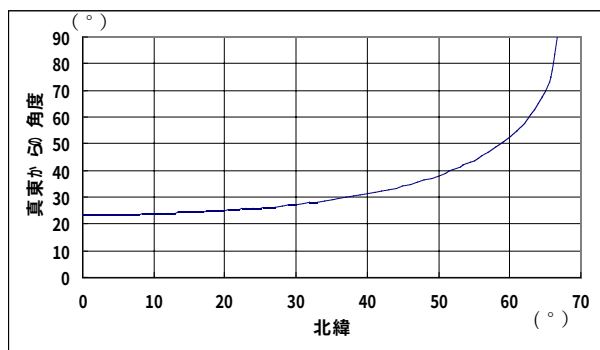


図4 日の出の方位の真東からの角度（夏至の日，冬至の日）

高緯度地方では日の出の方位の真東からの角度は大きくなり、北緯66.6°の地点ではその値は90°になる。つまり、夏至の日には太陽は沈まず、冬至の日には真南に太陽が顔をのぞかせるだけである。

また、真東からの角度が30°になるのは北緯

38°付近であり、日本では東北地方南部から新潟県にかけてである。また、中国では黄河流域が該当する。この真東からの角度である30°を角度の1単位とすると360°は12単位に相当し、古代中国で方角に十二支を当てたことと関係するのではと考えるのも面白い。

図5は、月の赤緯が+28.6°のときの月の出の方位について、真東からの角度を緯度別にあらわしたものである。北緯61.4°の地点では、18.6年に一度、一日中、月が出ている日があることになる。

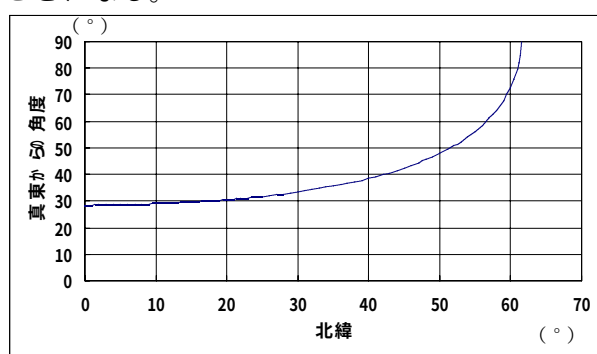


図5 緯度による月の出の方位のふれ幅の変化（赤緯 +28.6° のとき）

4 赤道儀式天体望遠鏡を用いた日の出の方位調べ

これまで述べた方法はあくまで地平線が見渡せる条件で計算したものである。しかし、実際は山や丘、町中では建物などがあり、地平線が見えることはほとんどあり得ない。

このため、赤道儀式天体望遠鏡を用いて、日の出の方位を調べる方法について次に述べる。

準備

赤道儀式天体望遠鏡（図6）

方法

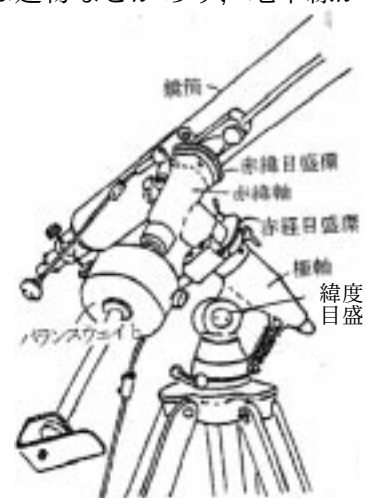


図6 赤道儀式天体望遠鏡

- (1) 赤道儀式天体望遠鏡を見晴らしのよいところに置き、架台が水平になるように設置する。
- (2) 望遠鏡の極軸をその地点の緯度と同じ角度に傾け、真北に向ける（図7）。真北の方角は太陽の日影曲線から求めるとよい。



図7 極軸の傾きの合わせ方（北緯42°）

- (3) 望遠鏡の赤緯目盛環の値を、方位を調べる二十四節気の太陽の赤緯（表3）に合わせる（図8）。



図8 赤緯目盛の合わせ方（赤緯23.4°）

- (4) 望遠鏡の鏡筒の先端を東側に向けて水平にし、のぞきながら鏡筒をゆっくりと回転させる。
- (5) 望遠鏡の視野の中心が、遠くの山並みや建物から空に出るところで止め、その方位を記録しておく。
- (6) 赤緯目盛を二十四節気の赤緯に順次調整し、その方位を記録する。

望遠鏡を置いた地点に台座を置き、方法(5)、(6)で記録したそれぞれの方位の先に石を置いたり、棒を立てることで、その地点での「太陽カレンダー」を作製することができる（図9）。

ただし、この方法は、望遠鏡のセッティングの微少なずれで方位に大きな違いが出てくる。セッティングは慎重に、精度よく行わなければ

ならない。また、実際の日の出で確認して、大きくずれている場合は、石や棒の位置を移動させる必要がある。



図9 太陽カレンダーと季節調べ

5 日の出、月の出の方位の誤差

日の出とは太陽の上端が地平線上に出た時をいうが、ここでは太陽の中心が地平線上に出た時と簡略化して考えて計算している。また、大気の屈折により、見かけ上、日の出の時刻は早まり、方位は北にずれる。これらによる方位のずれは北海道においては0.6～1.1°、平均して0.8°であり、計算上の方位から北にずれる。また、月の出の方位は大気の屈折により、およそ0.5°北にずれることがわかっている。

おわりに

日の出の方位の変化は、小、中、高等学校のいずれにおいても教材となりうる。特に、高等学校の理科基礎では有効な教材である。校舎屋上やグラウンド、近くの高台などに「太陽カレンダー」を設置し、古代人にならって、日の出の方向を観測して季節を調べるという体験させることで、自然と人間とのかかわりを考えさせることができる。

参考文献

国立天文台 理科年表 太陽、月 丸善 2000

（みやじま えいじ 地学研究室研究員）