

太陽の動き — 地平線と日時計 —

Rosa M. Ros

*International Astronomical Union
Technical University of Catalonia, Spain*



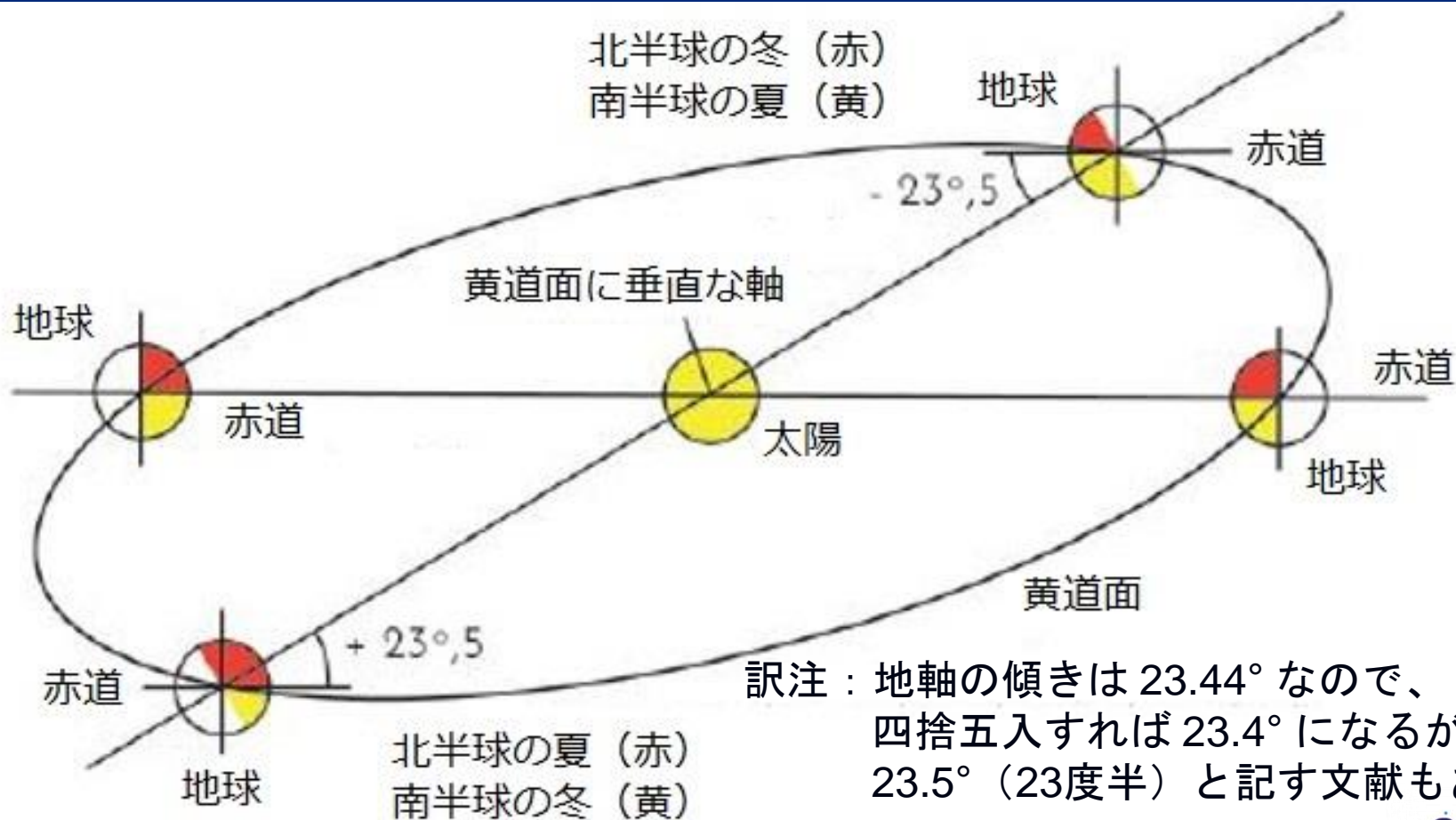
目標

- 太陽の日周運動を理解する
- 太陽の年周運動を理解する
- 天球の動きを理解する
- 日時計を理解する



地球の自転・公転

自転（昼/夜） 軌道上の位置（季節）



訳注：地軸の傾きは 23.44° なので、
四捨五入すれば 23.4° になるが、
 23.5° (23度半) と記す文献もある。

活動1：中心に太陽（電球）

地球の4つの位置

太陽中心から地球中心までの線は
モデル土台（地球赤道面に相当）に対して 23.4°
傾斜



北半球は冬
南半球は夏



北半球は夏
南半球は冬

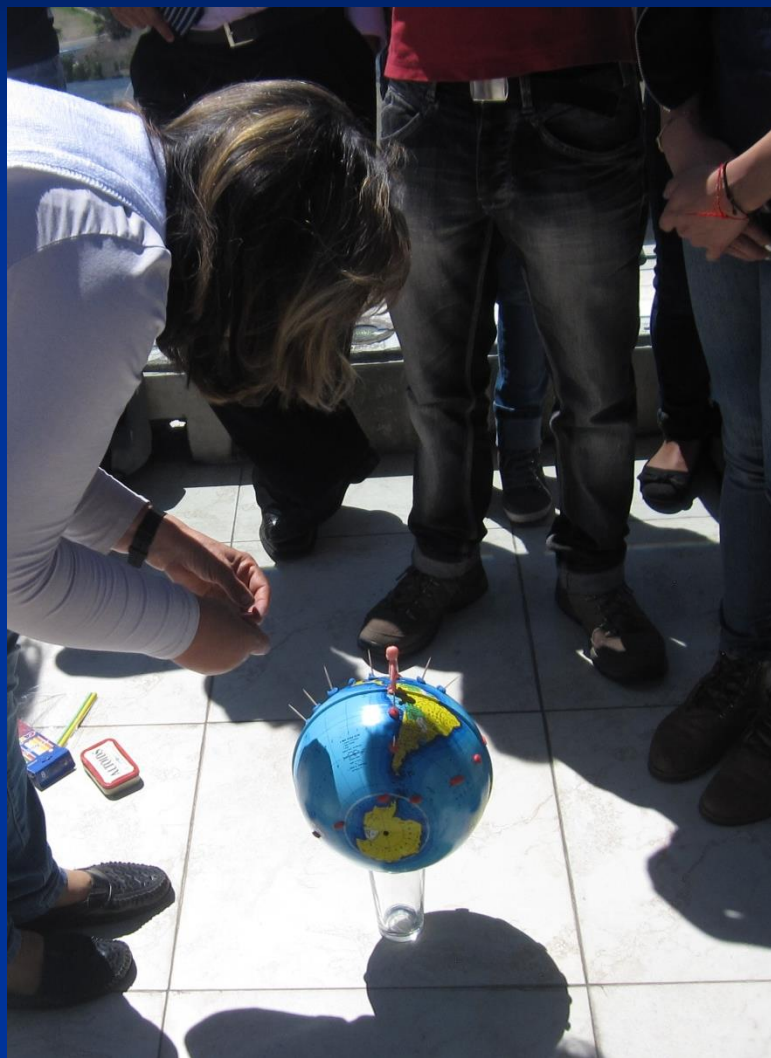


活動2：ミニチュア地球

下図のように球を並べ、照明を当てると2つの球は同じように照らされ、光と陰の部分が同じように見える。
地球儀を、地球と同じように太陽に照らすことができる。



活動2：ミニチュア地球

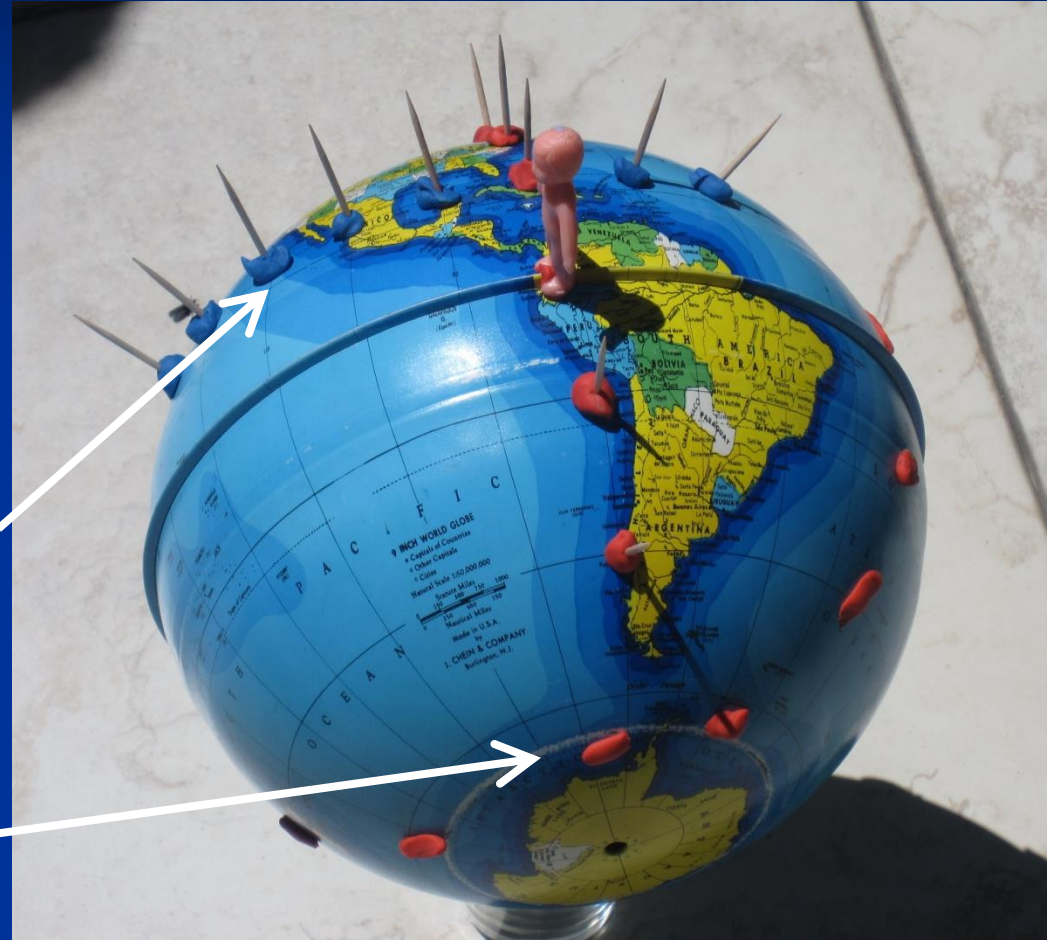


- 地球儀を台から取り外し、コップに乗せて戸外に置く。
- 方位磁針を使って地軸の方向を合わせる。
- 観測地を上にする。

活動2：ミニチュア地球

地球儀の上で：

- 観測地を示すために人形を置く。
- 楊枝を使って、影の様子を示してみる。
- 粘土を使って、昼夜境界線を示してみる。



活動2：ミニチュア地球

- 北極点では日が当たっており、真夜中でも太陽見える。北半球の夏に相当。
- 南極点は影に入っている。南半球の冬に相当。



活動2：ミニチュア地球

- 北極点が影の中にある。北半球の冬に相当。
- 南極点が照らされている。南半球の夏に相当。



活動2：ミニチュア地球

昼夜境界線が両極を
通っており、春分の日や秋分の日
に対応。

訳注：二至二分を四季それぞれの開始時とする暦もある。



活動2：ミニチュア地球

北半球：夏

冬

春分・秋分



南半球：冬

夏

春分・秋分

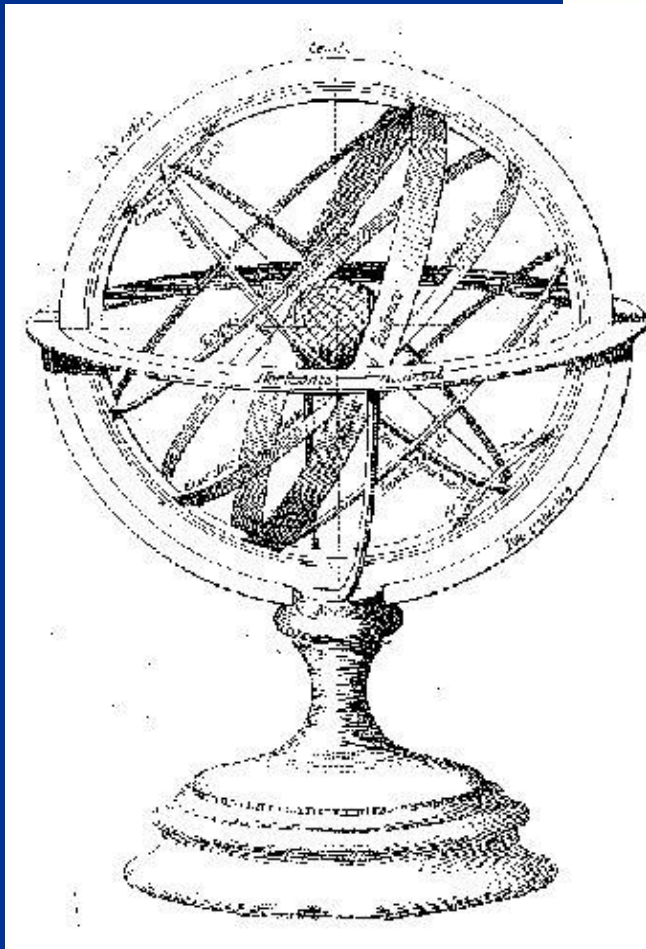
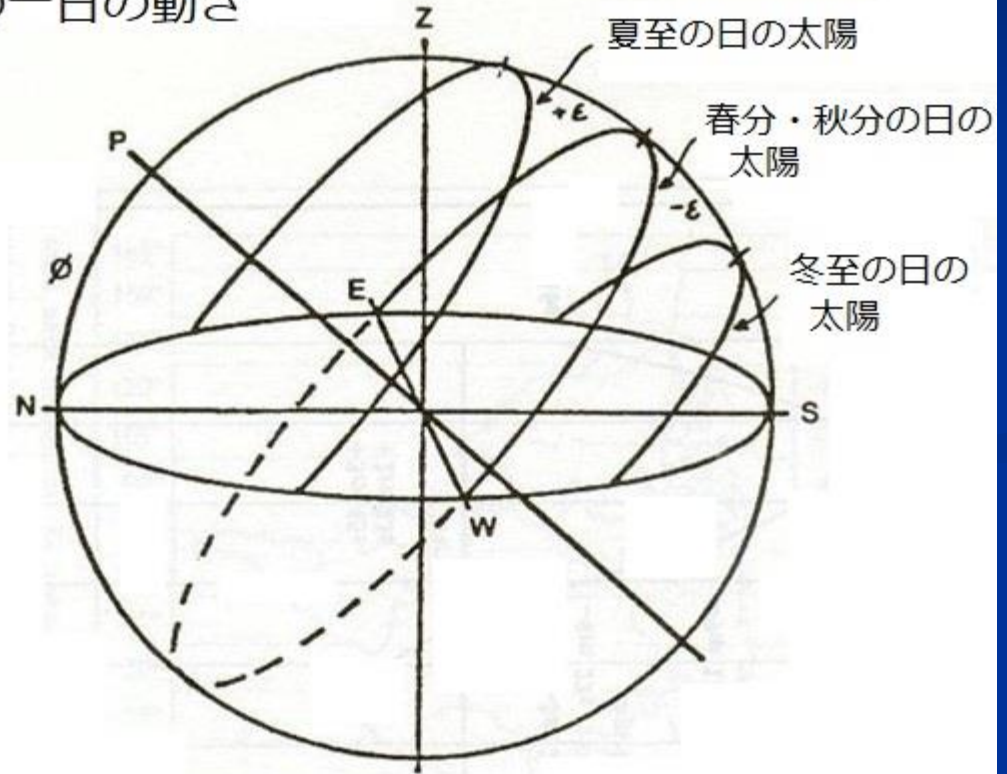
自転と昼夜の天の動き

- 内側からと外側からの見え方は違う

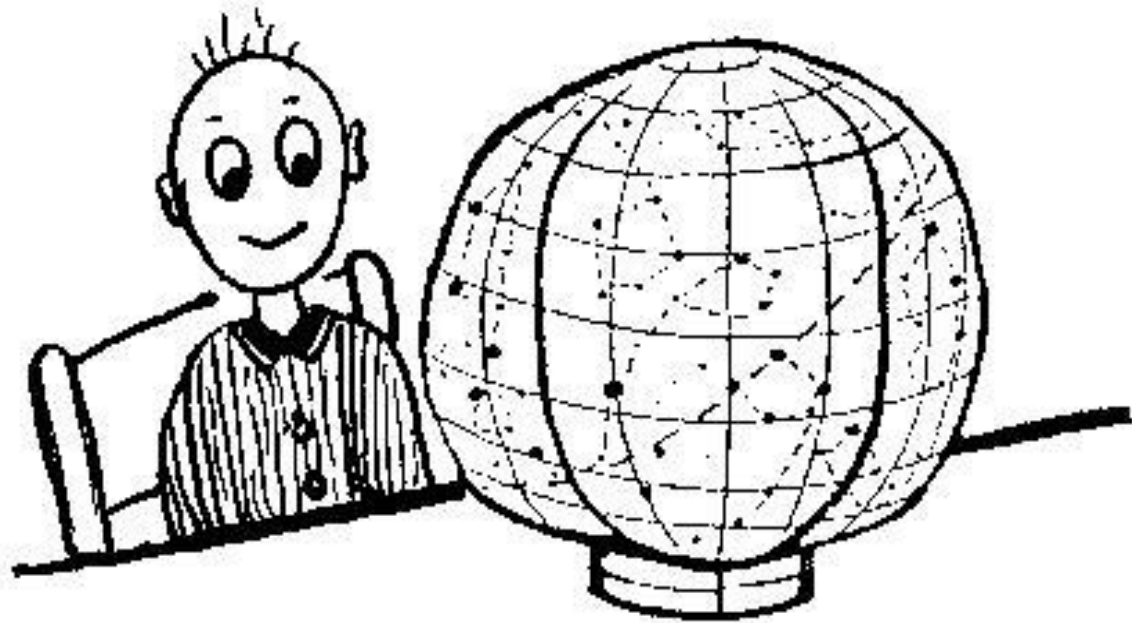


「外」から見た天球

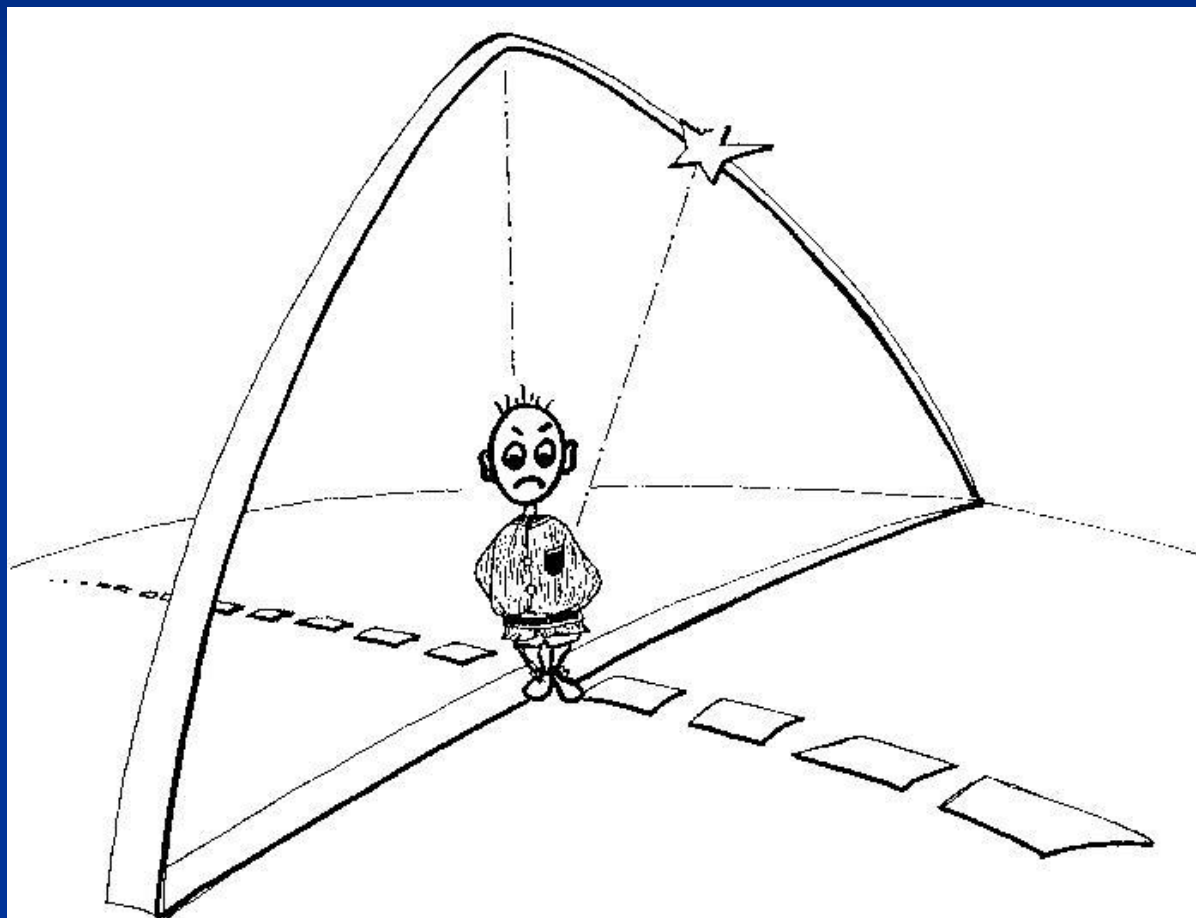
太陽の一日の動き



簡単なように見えるが...



ちょっと考え込む難しい問題もある...



どの学校にも 「天文学 実験室」がある

- 学校にはグラウンドや校庭がある。
- 上には空がある。
- 昼と夜がやってくる。
- 学校で活用しよう!



活動3：学校から見える 地平線のモデルを作ろう



まず、観測場所の写真撮る

■ 観測地点での地平線

バルセロナで撮影した
地平線

Rosa M. Ros

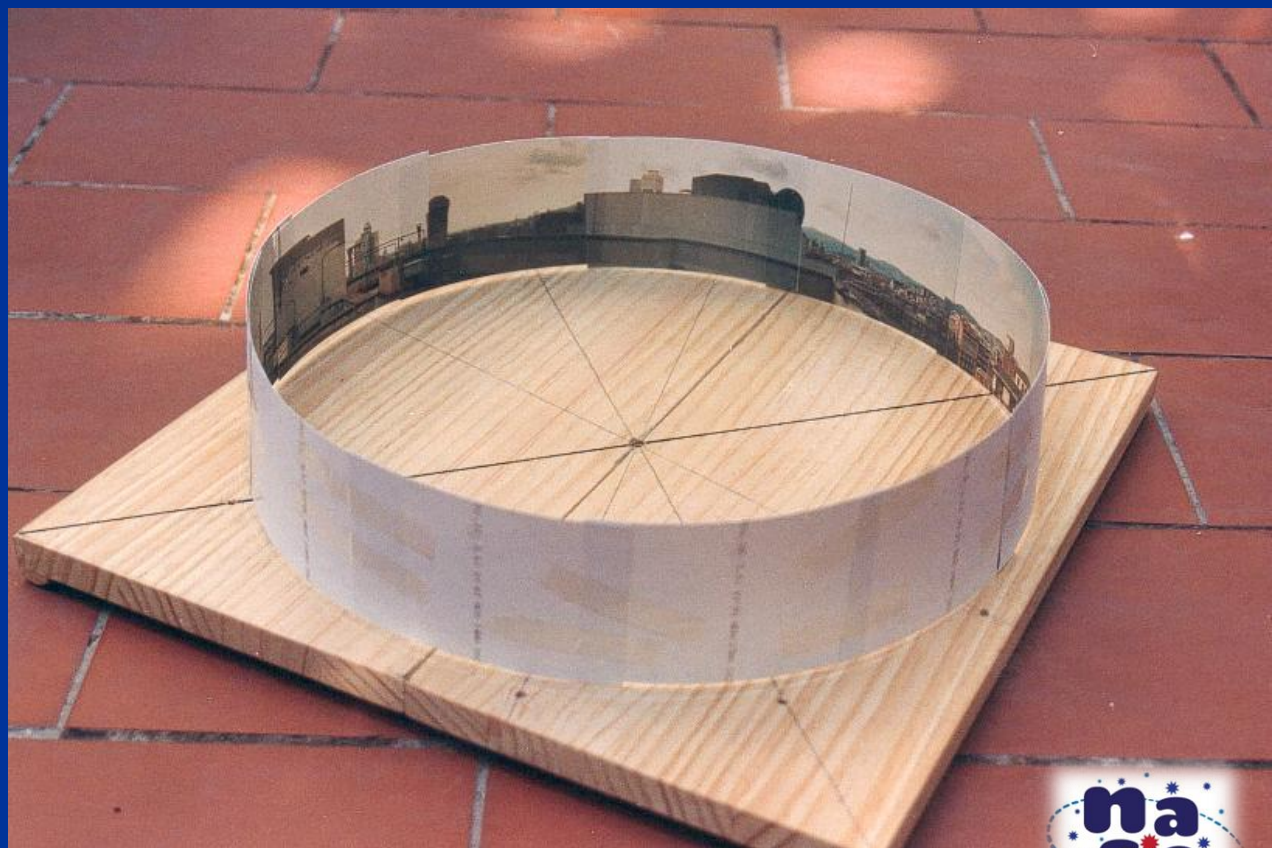


Figure 1: Zona del horizonte fotografiada en Barcelona.

1 Catedral, 2 Montjuic, 3 Tibidabo,
4 Sagrada Familia, 1 Catedral.

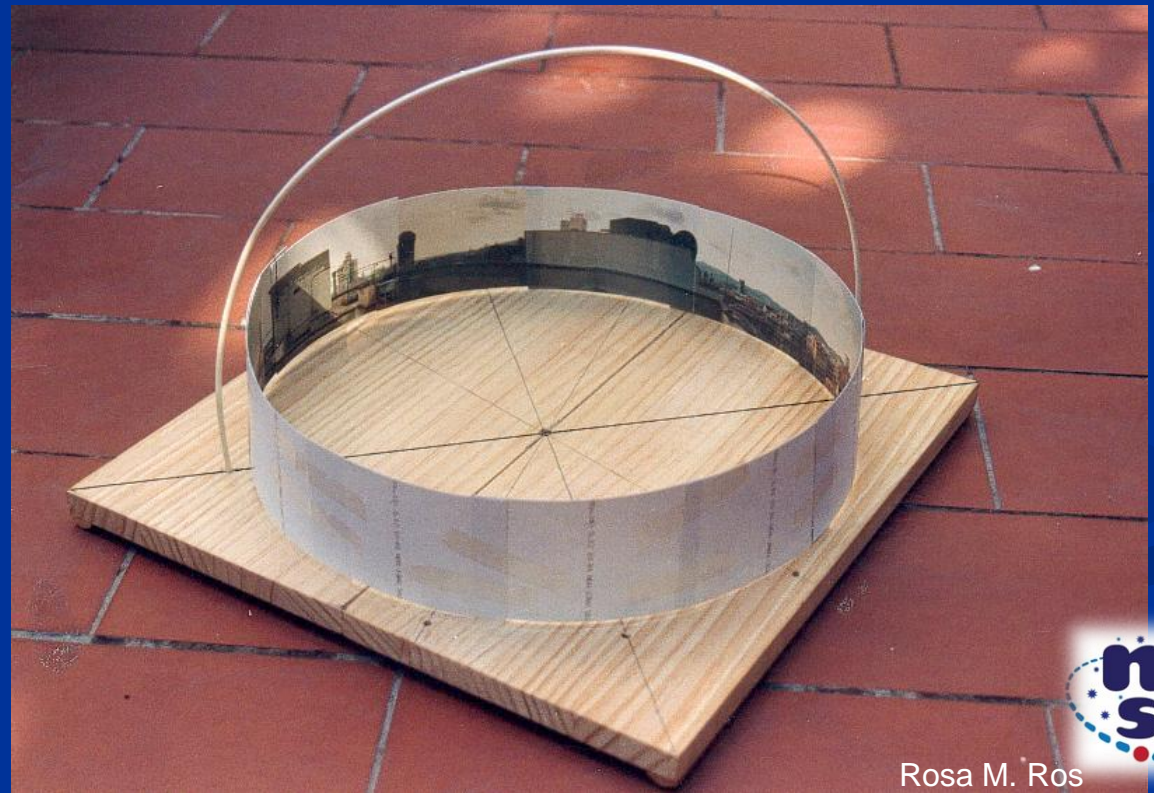
写真をつないで、台に乗せる

- 観測地点の
地平線



写真の地平線を実際の地平線の方に 合わせる

- 南北の方向をつなぐ、天球の子午線

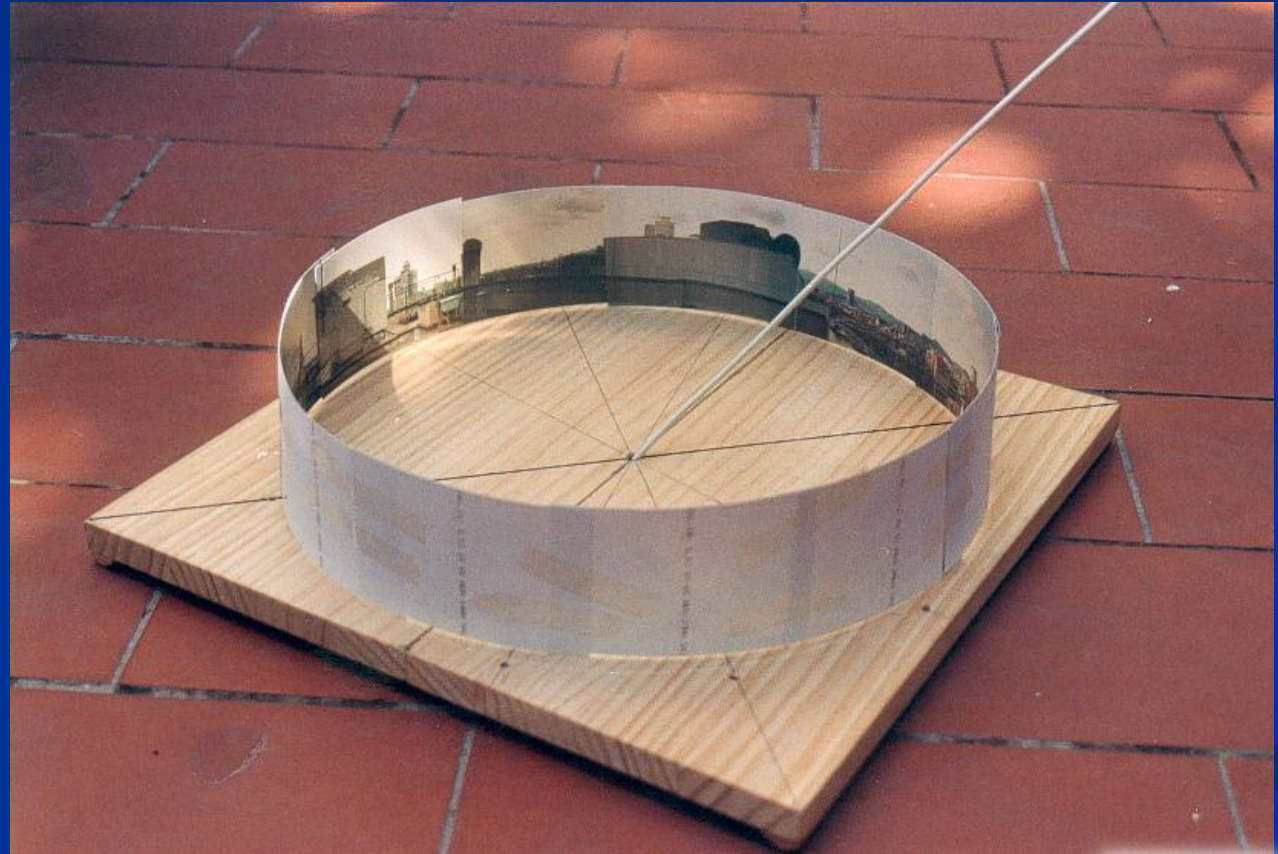


モデルを置く方向を合わせるのに、
方位磁針を使っても、
地平線上の建造物を見て決めてもよい

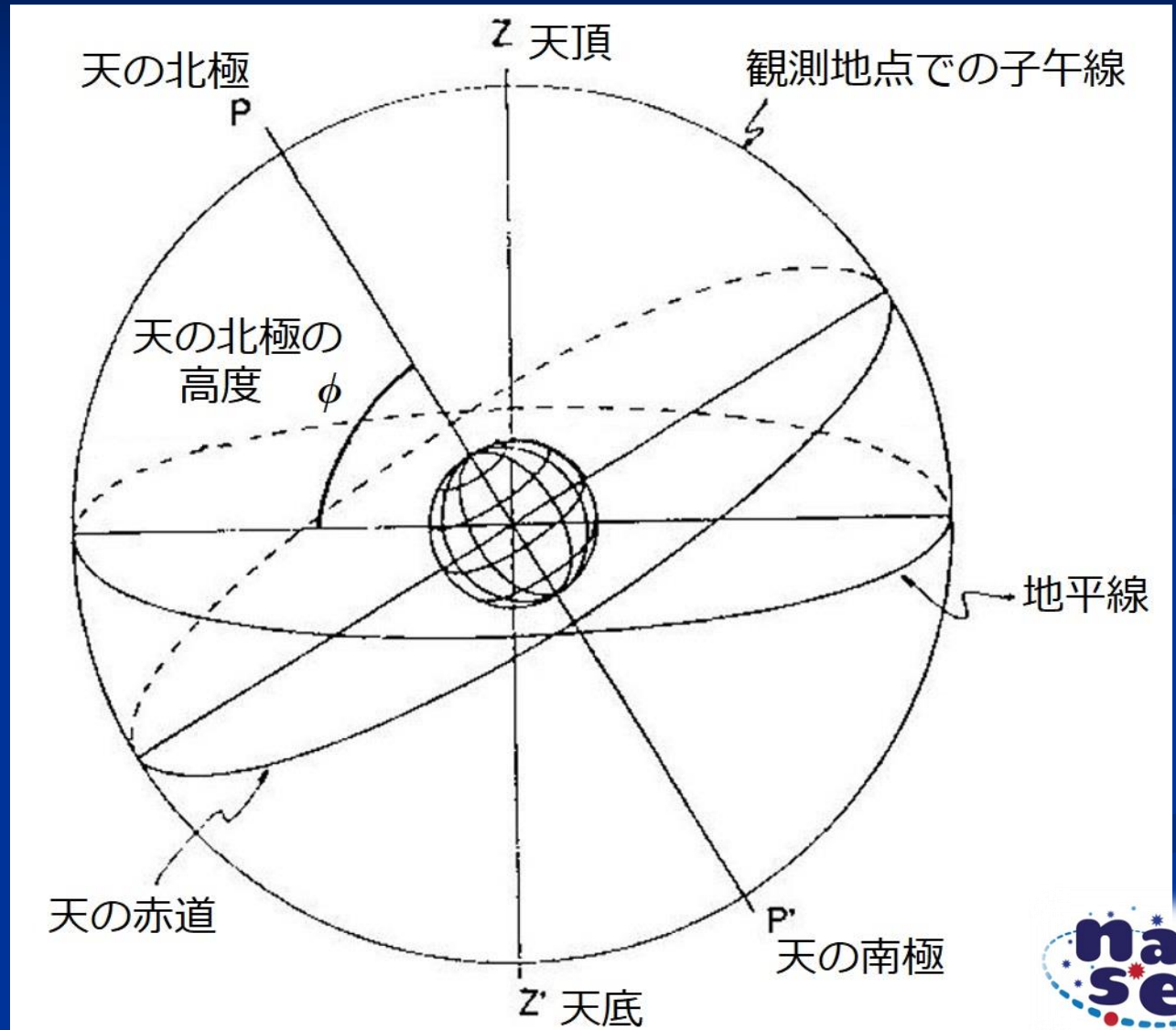


天球の動きを導入しよう

■ 地軸

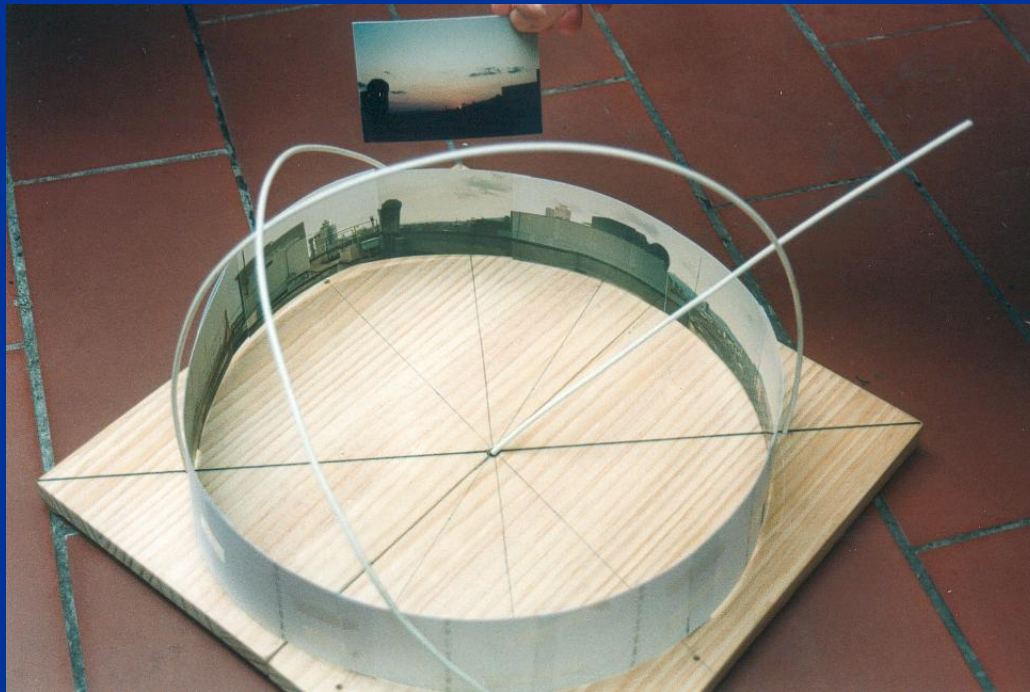


天の北極または南極の高度は
観測地点の緯度 ϕ に等しい。



春分・秋分の日の太陽の通り道

- 日の出の日の入りの写真を使う。



地球の自転による動き 太陽の動く角度に注意

- 日中：日の入り近くの数枚の写真の合成

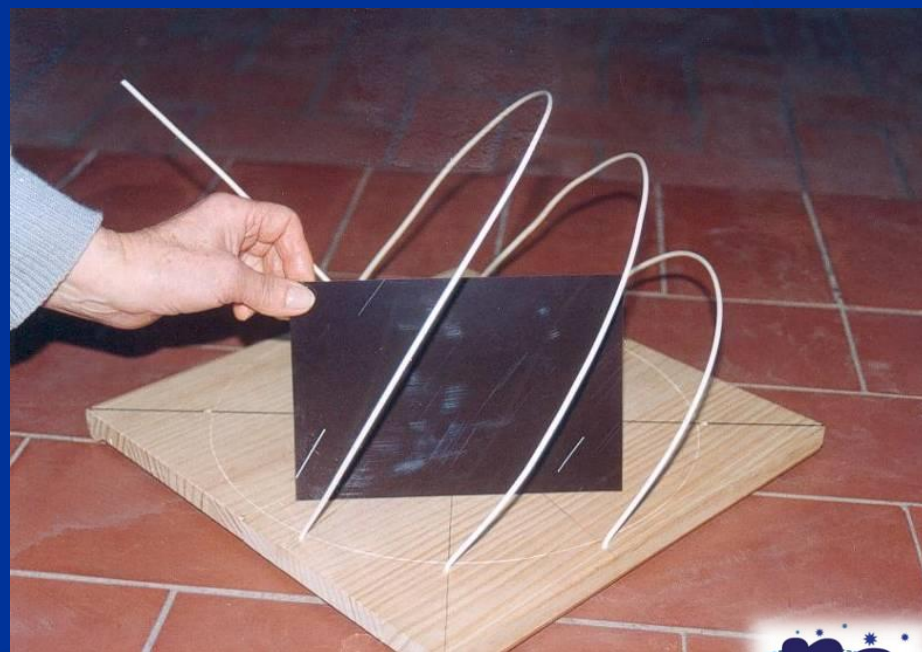


地球の自転による動き 星の動く角度に注意

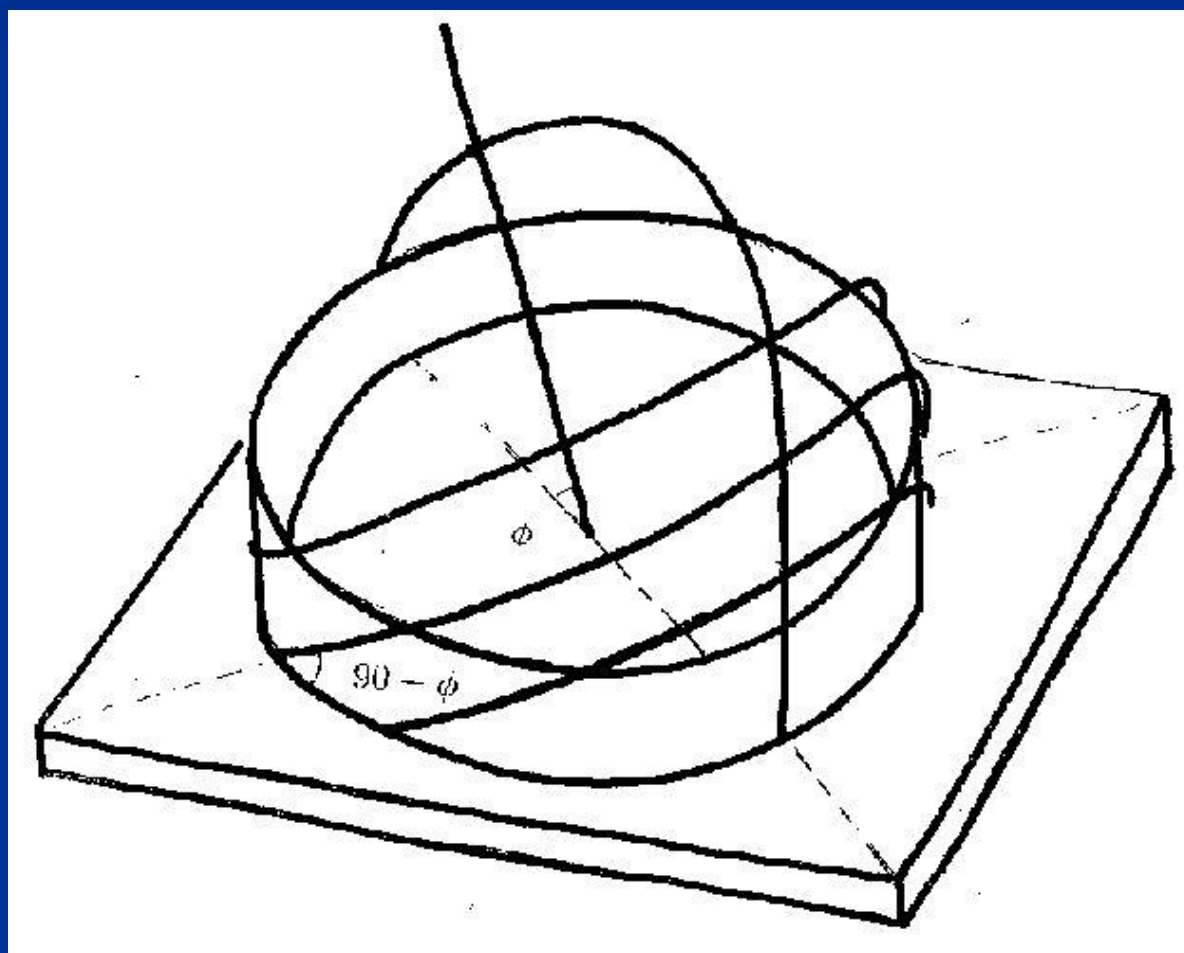
- 夜間：固定撮影で見る星の動き



天球の回転

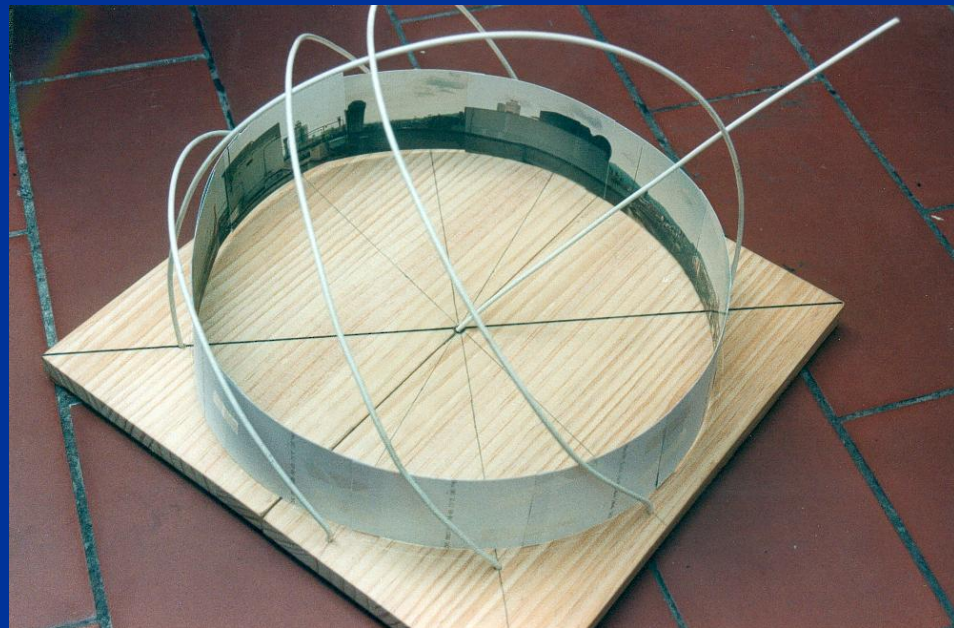


太陽の見かけの通り道や星の動きの
角度は、観測地点の緯度による

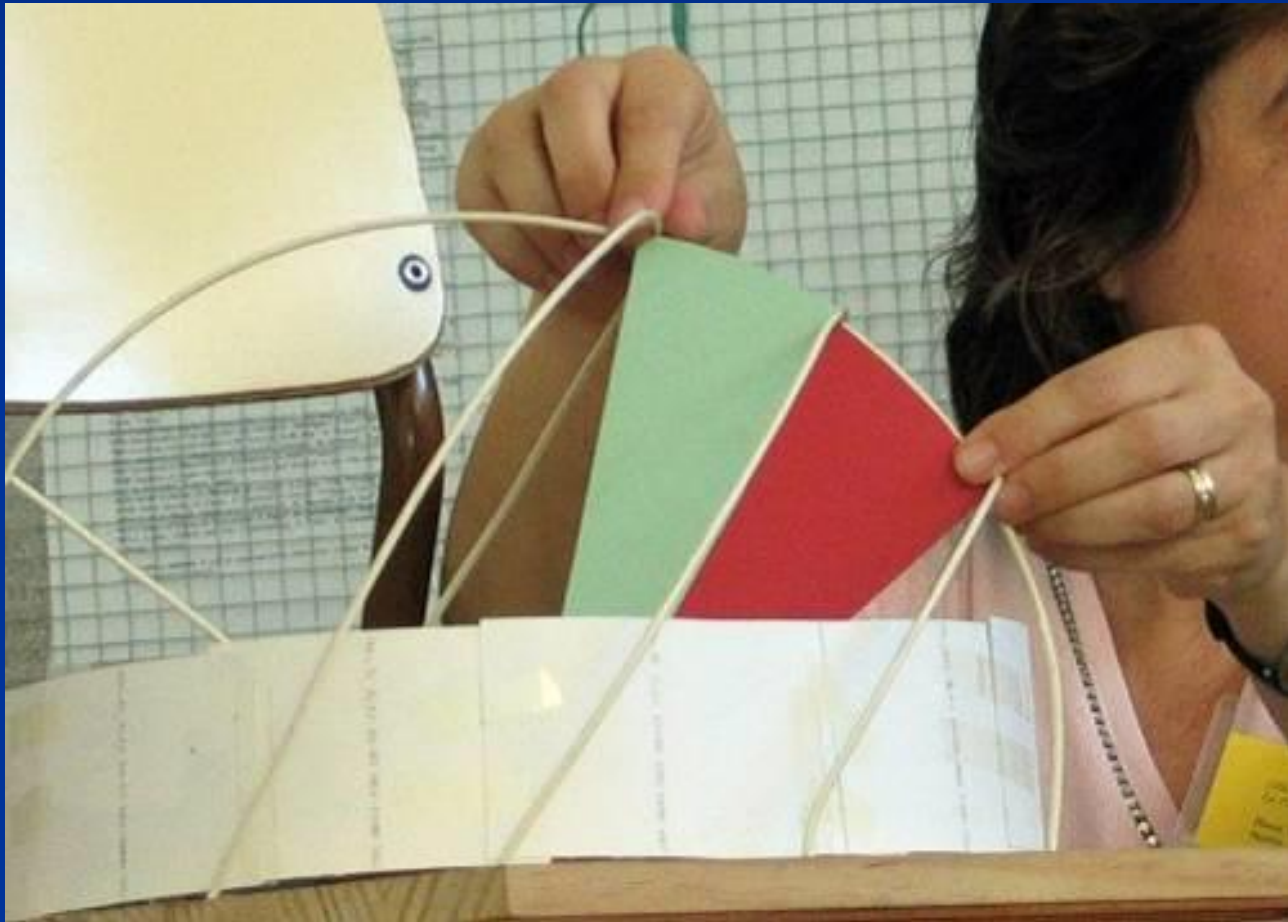


二至二分の日の太陽の動き (日照時間の違いに注意)

- 夏至
- 春分・秋分
- 冬至



公転に伴い、太陽の通り道が変わり、 季節が変わっていく



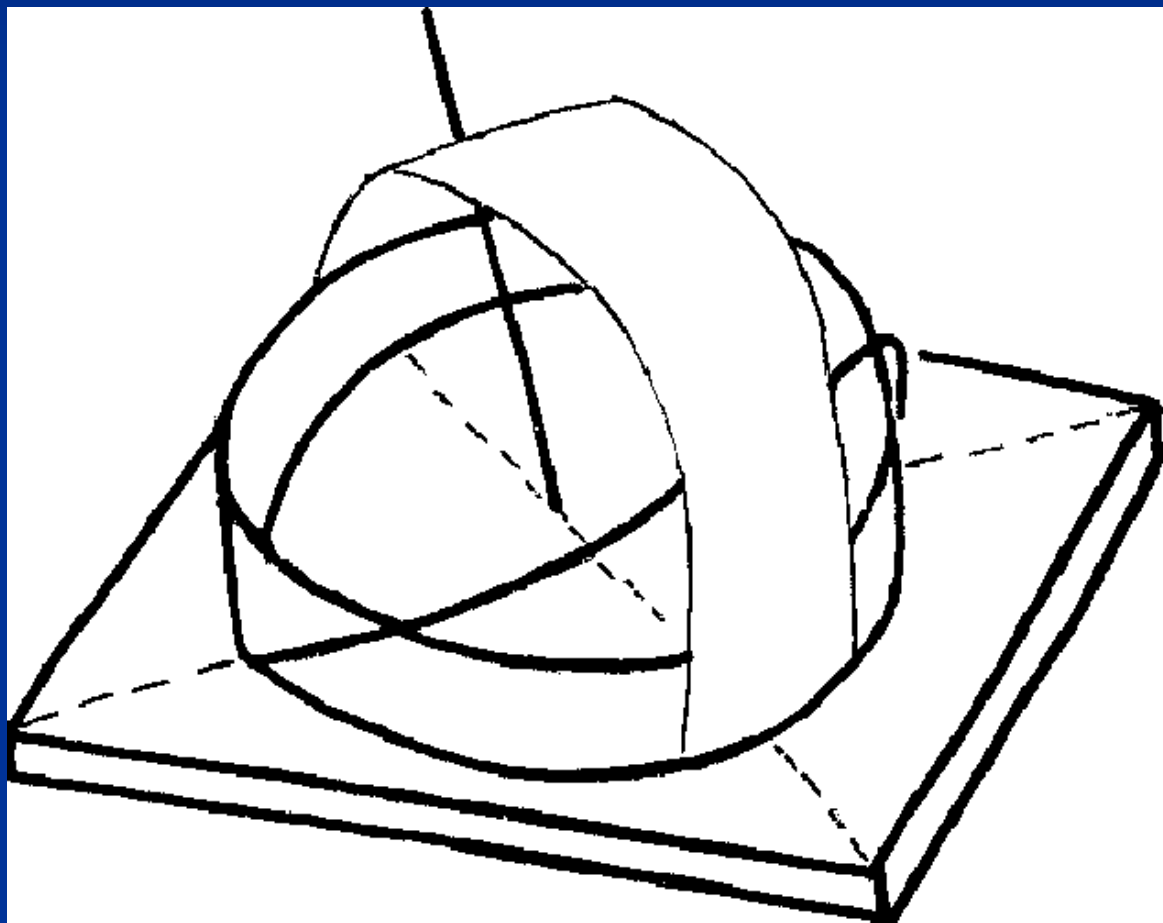
- 夏
 - 春 / 秋
 - 冬
-
- 天の赤道と
南北回帰線の
間の角度は 23.5°

公転によって、 毎日の日の入りの位置が変わる

- 3つの日の入り：冬 春/秋 夏



モデルの中から天の「子午線」での 星の動き方を見る



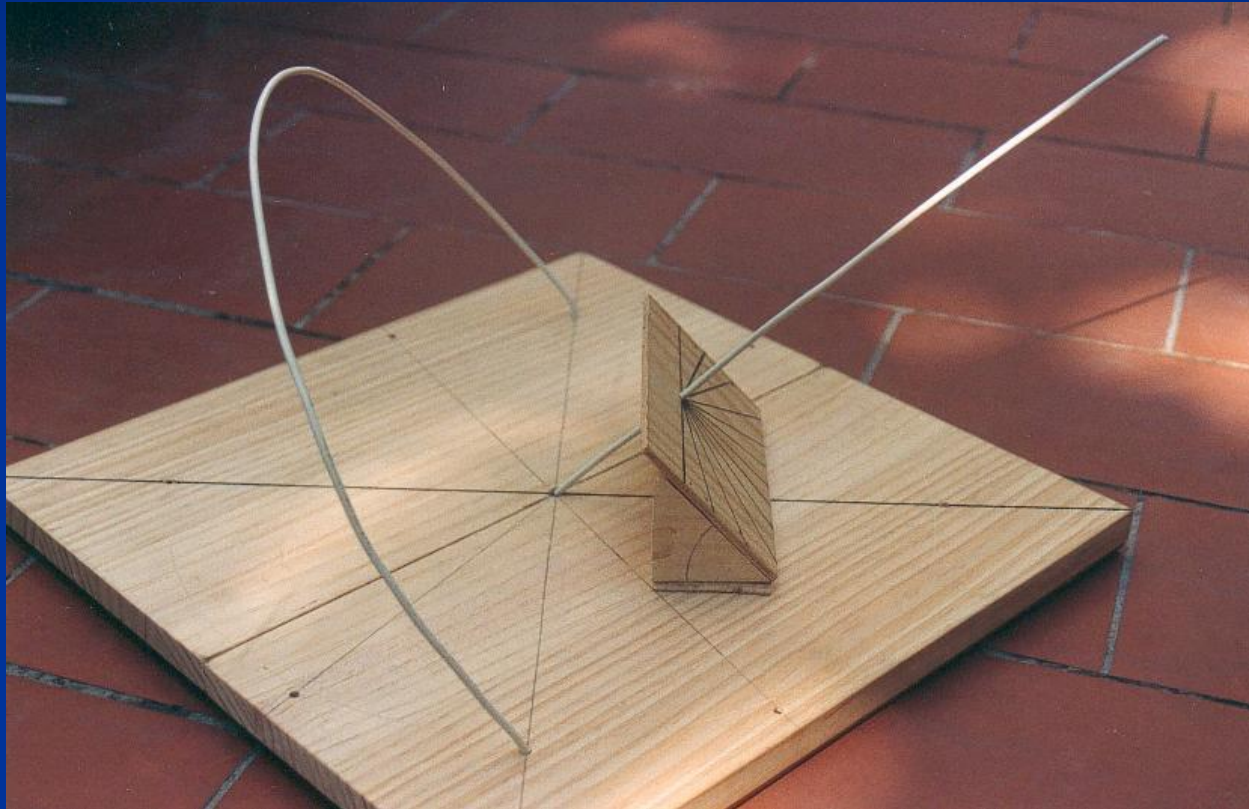
天の極の周りでは、円を描く



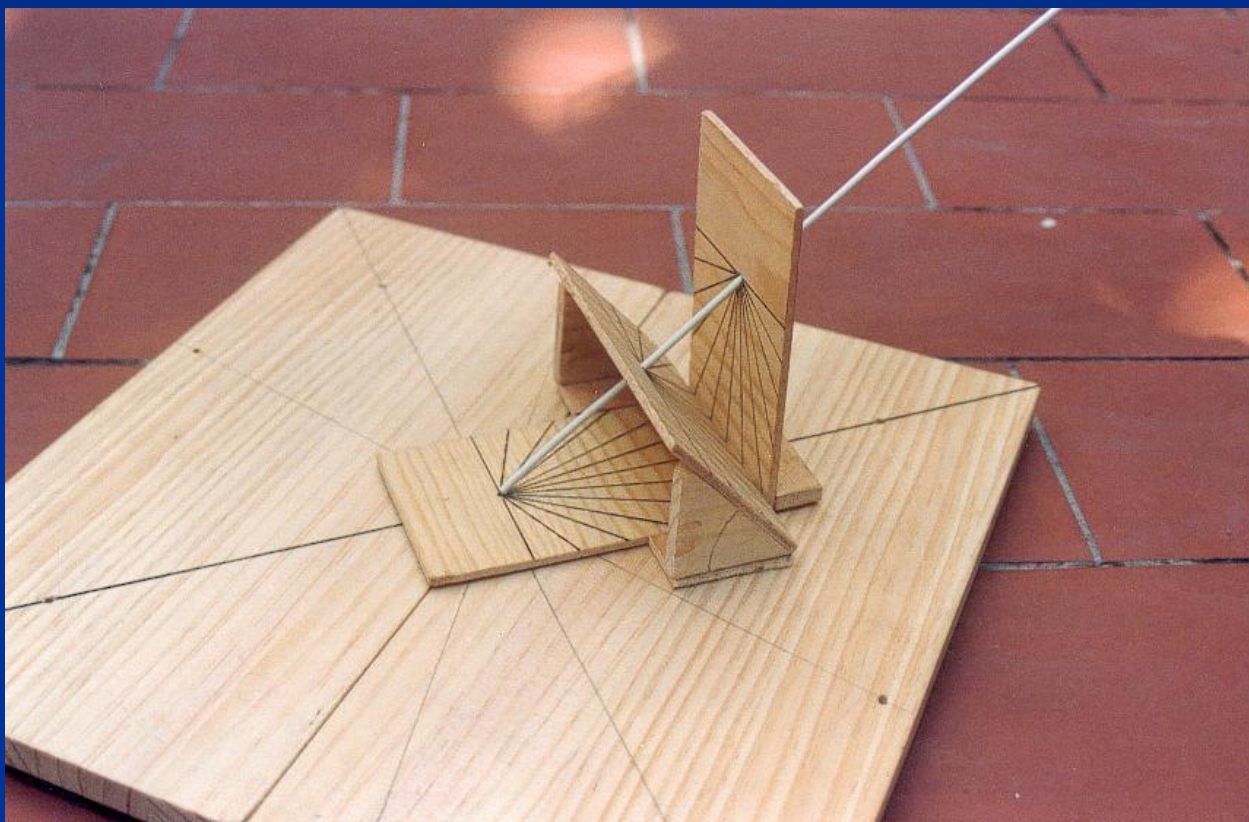
天の赤道付近では星の動きは直線的で
そこから離れると凹面・凸面へ



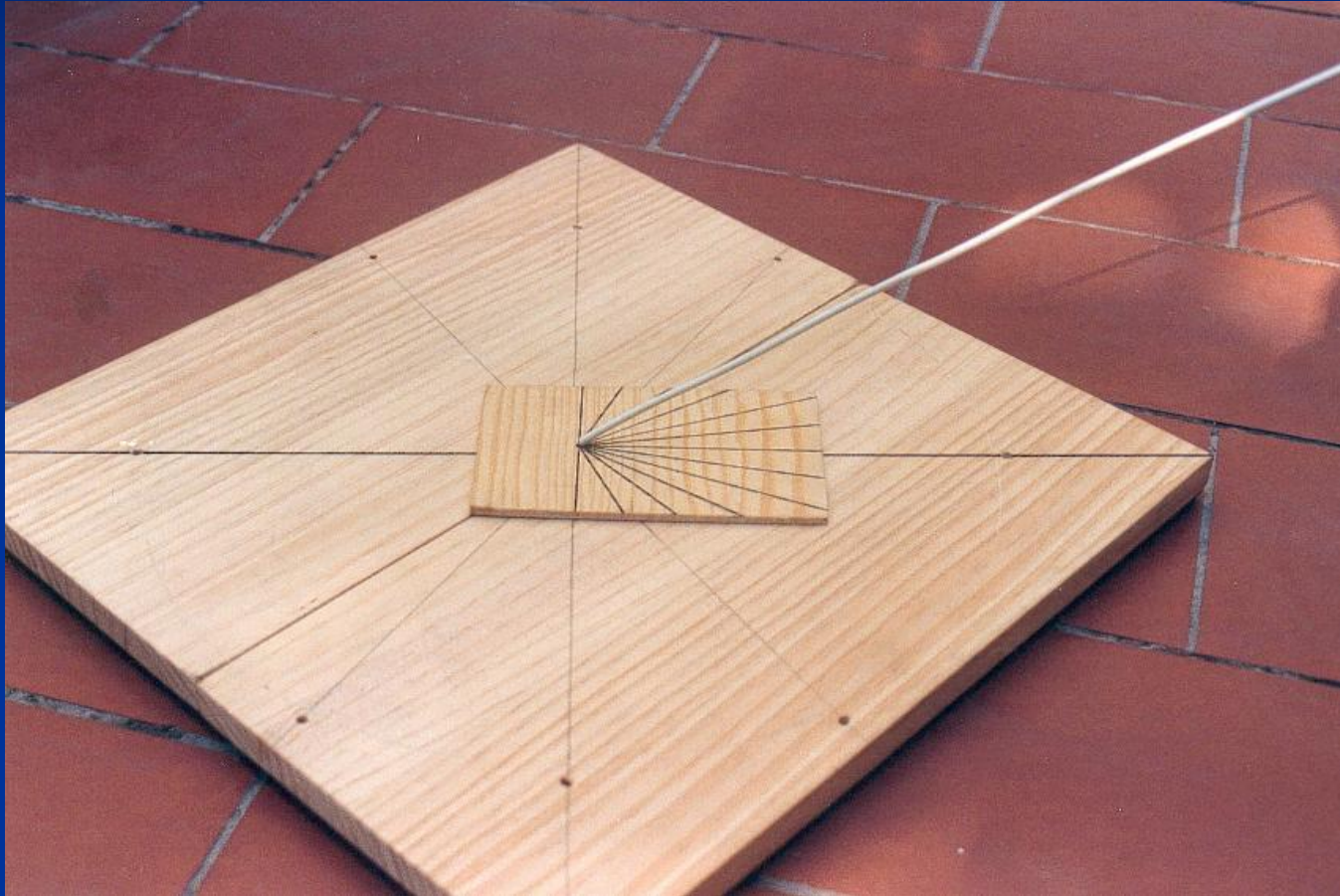
単純な赤道型日時計



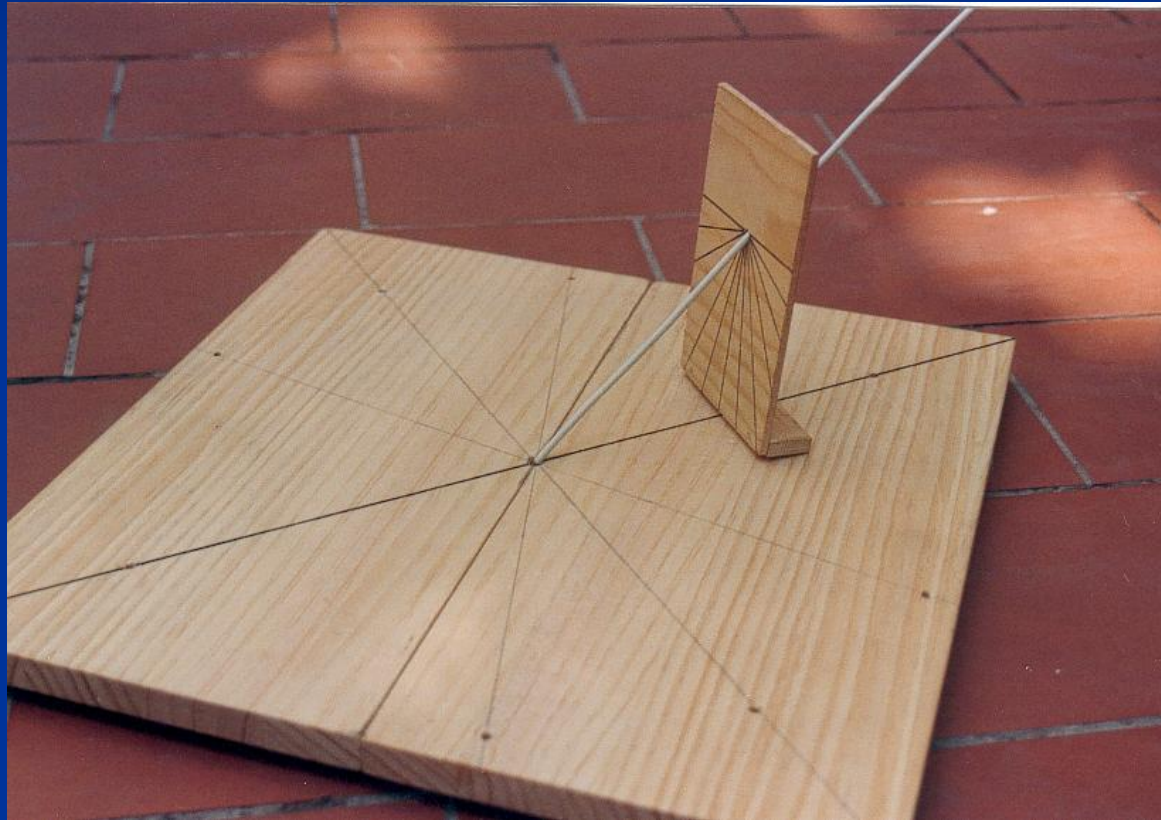
赤道型をもとに他の種類も作ろう



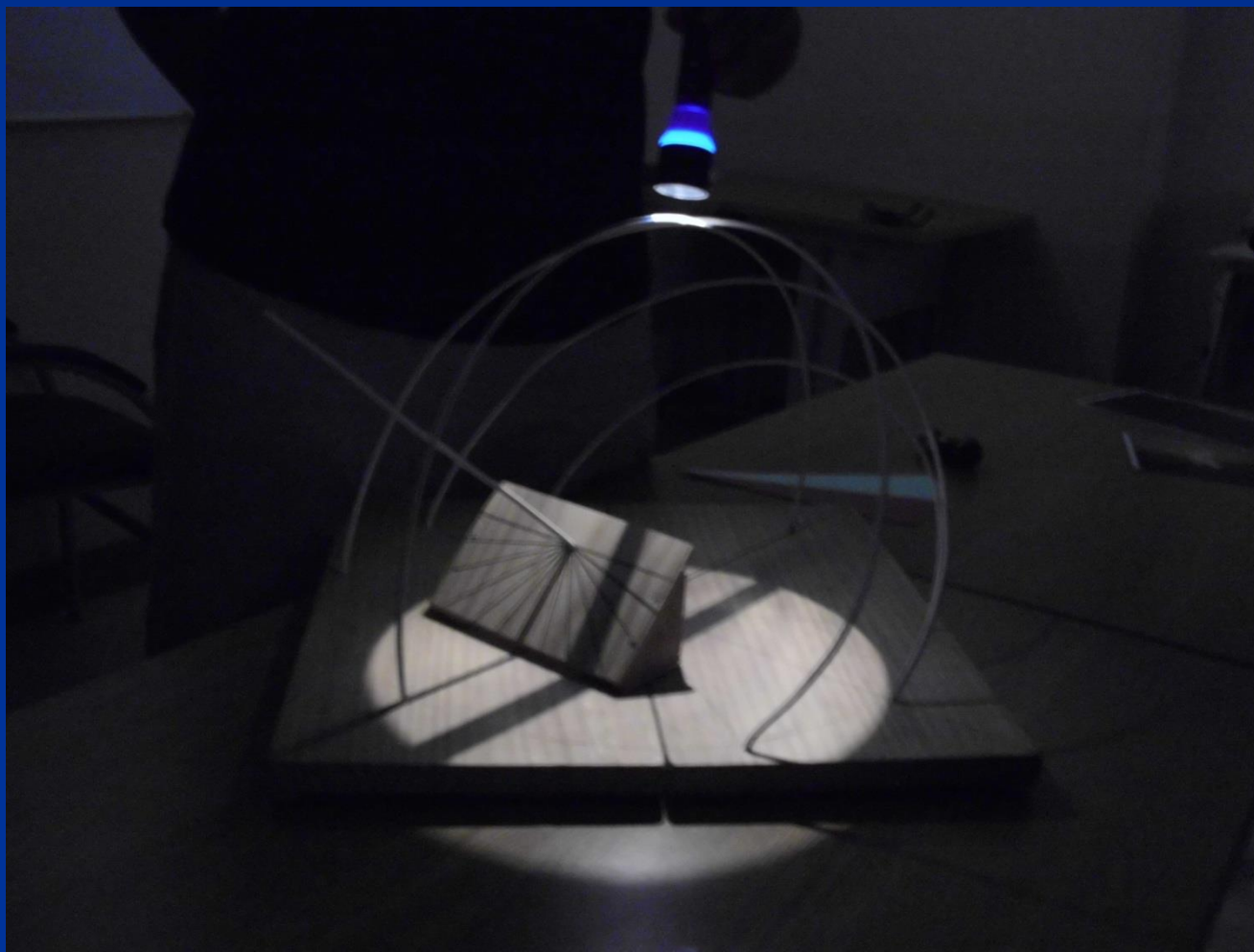
地平線に水平な日時計



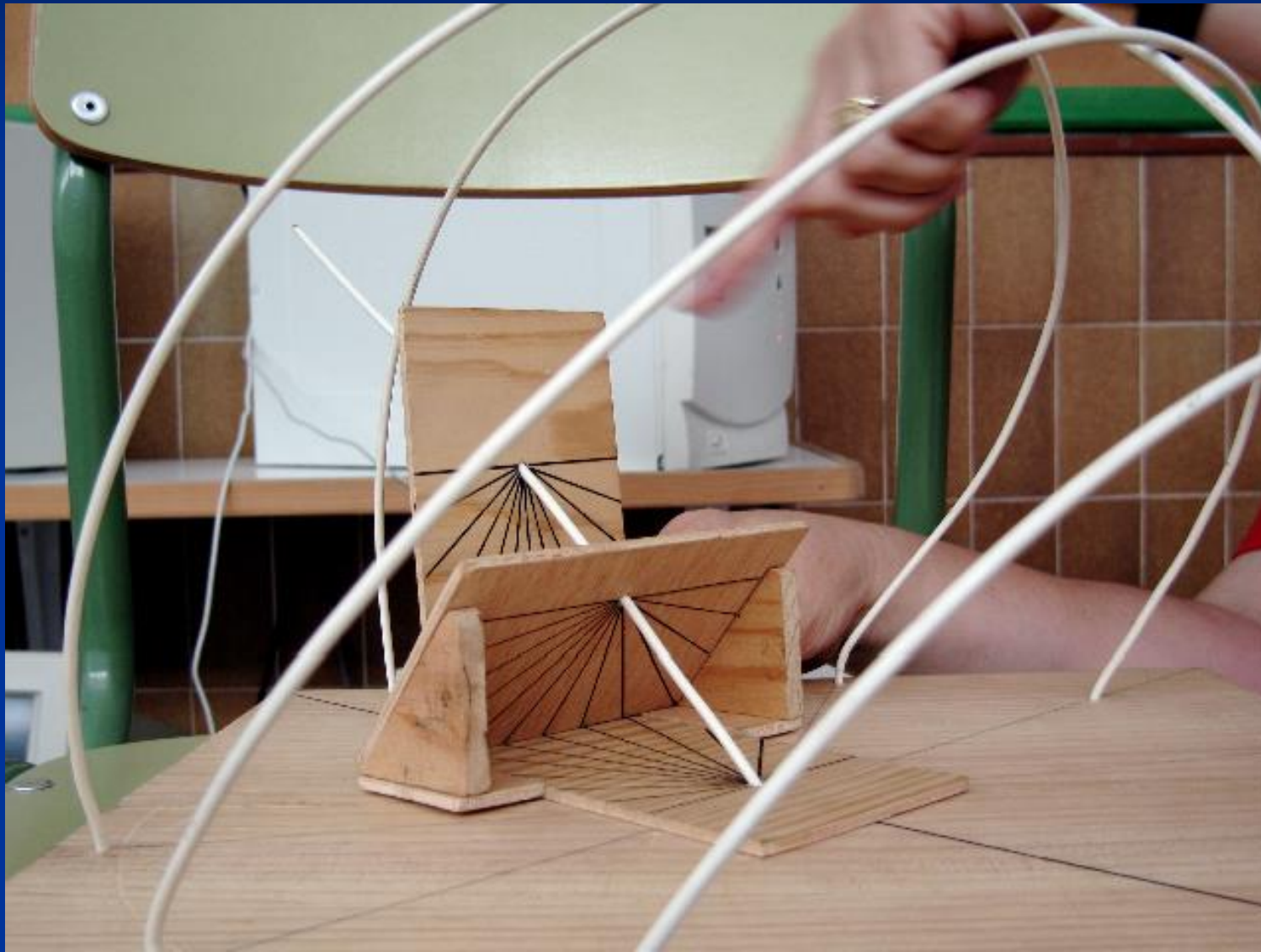
地平線に垂直な日時計



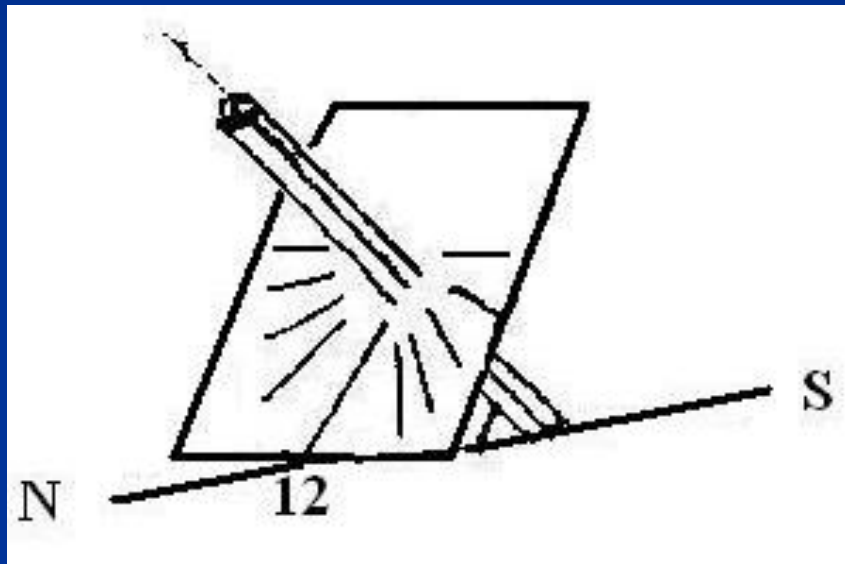
太陽（または懐中電灯）を用いて
日時計の働きをモデルで観察しよう



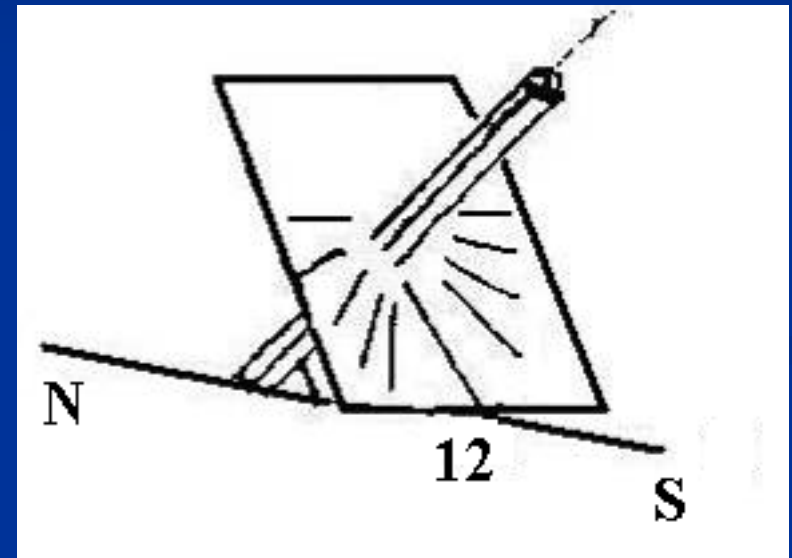
3種の日時計



活動4：簡単な赤道型日時計を作ろう



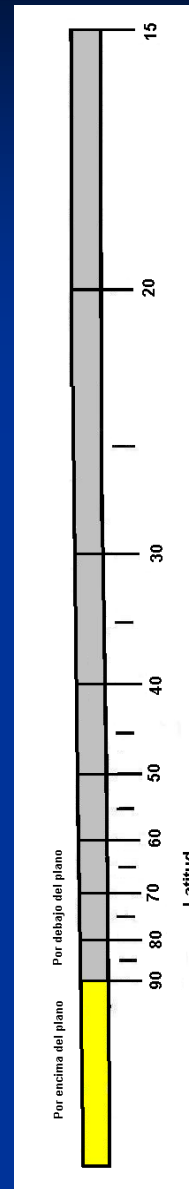
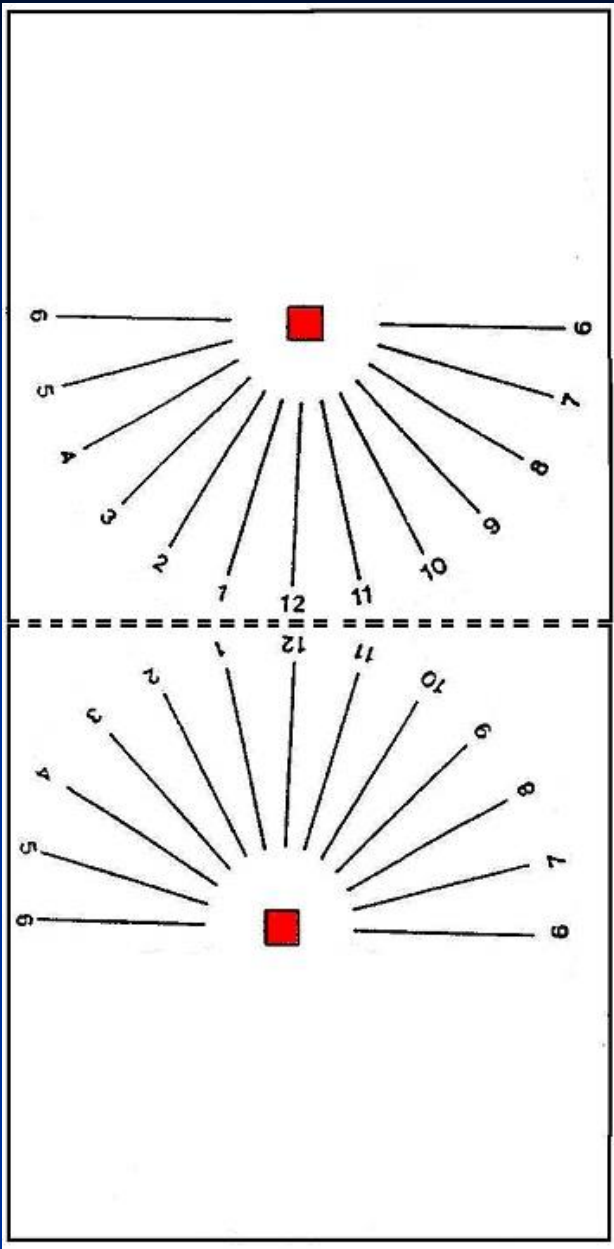
北半球



南半球

活動4： 「赤道型」日時計

- 破線のところを折る。
- 観測地点の緯度で帯をカットする。黄色は水平面の上にする。



活動5：時間の読み取り方

日時計の時間 + 調整 = 腕時計の時間

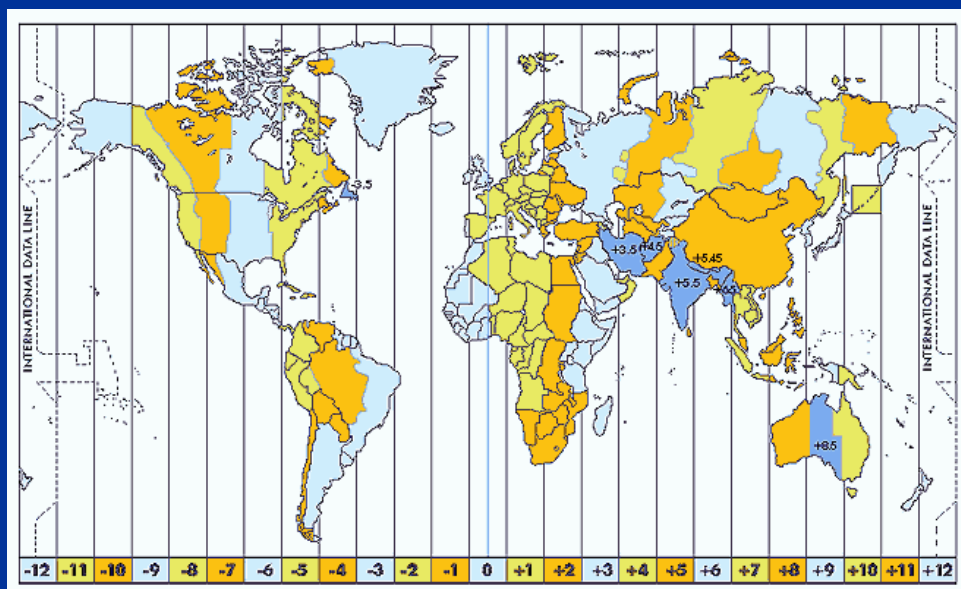
調整 =

- 経度の調整
- 夏時間の調整（日本では採用なし）
- 均時差の調整



活動5：時間の読み取り：経度の調整

- 世界は、経度0度（グリニッジの経度）を基準に24時間の時間帯に分けられている。
- 観測地点の経度とその地域の標準経度（子午線）を調べる。
- 東に行くこととを＋、西に行くことを－と表すことにする。
- 経度を時間の時、分、秒で書こう。(1°=時間の4分)



訳注：日本標準時（JST）は
世界時（UTC）から
9時間早い時間帯である。

$$\text{JST} = \text{UTC} + 9\text{h}$$



活動5：時間の読み取り：夏時間の調整 （日本では採用なし）

- 夏に1時間進める国がある。
- 夏季と冬季の時計の違いは、各国の政府が決められている。



活動5：時間の読み取り：均時差

- 地球はわずかながら楕円軌道を描くことに伴って公転速度が一年を通して変化すること、また、太陽は黄道上を移動するために太陽の天の経度（赤経）の移動量が一年を通して変化することの影響から、太陽の南中から南中まで（日時計での一日）が変化する。生活では、一年を通しての平均的な時間（腕時計の時間）を使っている。
- 均時差は、日時計での時間（天文的時計）と平均化した時間（腕時計の時間）との差である（以下、単位：分）。

日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	+3m 33s	+13m 35s	+12m 22s	+3m 54s	-2m 54s	-2m 12s	+3m 50s	+6m 21s	+0m 2s	-10m 18s	-16m 24s	-11m 1s
6	+5m 50s	+14 m 5s	+11m 17s	+2m 27s	-3m 23s	-1m 22s	+4m 45s	+5m 54s	-1m 23s	-11m 51s	-16m 22s	-9m 1s
11	+7m 55s	+14m 14s	+10m 3s	+1m 4s	-3m 38s	-0m 23s	+5m 29s	+5m 13s	-3m 21s	-13m 14s	-15m 31s	-6m 49s
16	+9m 45s	+14m 4s	+8m 40s	-0m 11s	-3m 40s	+0m 39s	+6m 3s	+4m 17s	-5m 7s	-14m 56s	-15m 15s	-4m 27s
21	+11m 18s	+13m 37s	+7m 12s	-1m 17s	-3m 27s	+1m 44s	+6m 24s	+3m 10s	-6m 54s	-15m 21s	-14m 10s	-1m 58s
26	+12m 32s	+12m 54s	+5m 42s	-2m 12s	-3m	+2m 49s	+6m 32s	+1m 50s	-8m 38s	-16m 1s	-12m 44s	+0m 31s
31	+13m 26s		+4m 12s		-2m 21s		+6m 24s	+0m 21s		-16m 22s		



活動5：時間の読み取り

例1：バルセロナ（スペイン）5月21日

調整	説明	結果
1. 経度	バルセロナは グリニッジと同じ時間帯にある。 経度は東経 $2^{\circ} 10' = 2.17^{\circ} E = -8.7$ 分 (1° は時間の 4 分に相当)	- 8.7 分
2. 夏時間 日本不採用	5月は夏時間で1時間進んでいる。	+ 60 分
3. 均時差	表から5月21日での値を読む。	- 3.6 分
合計		+ 47.7 分

例えば、日時計としての正午12時は、
 $12時 + 47.7分 = 12時47.7分$ （腕時計の時間）となる。



活動5：時間の読み取り

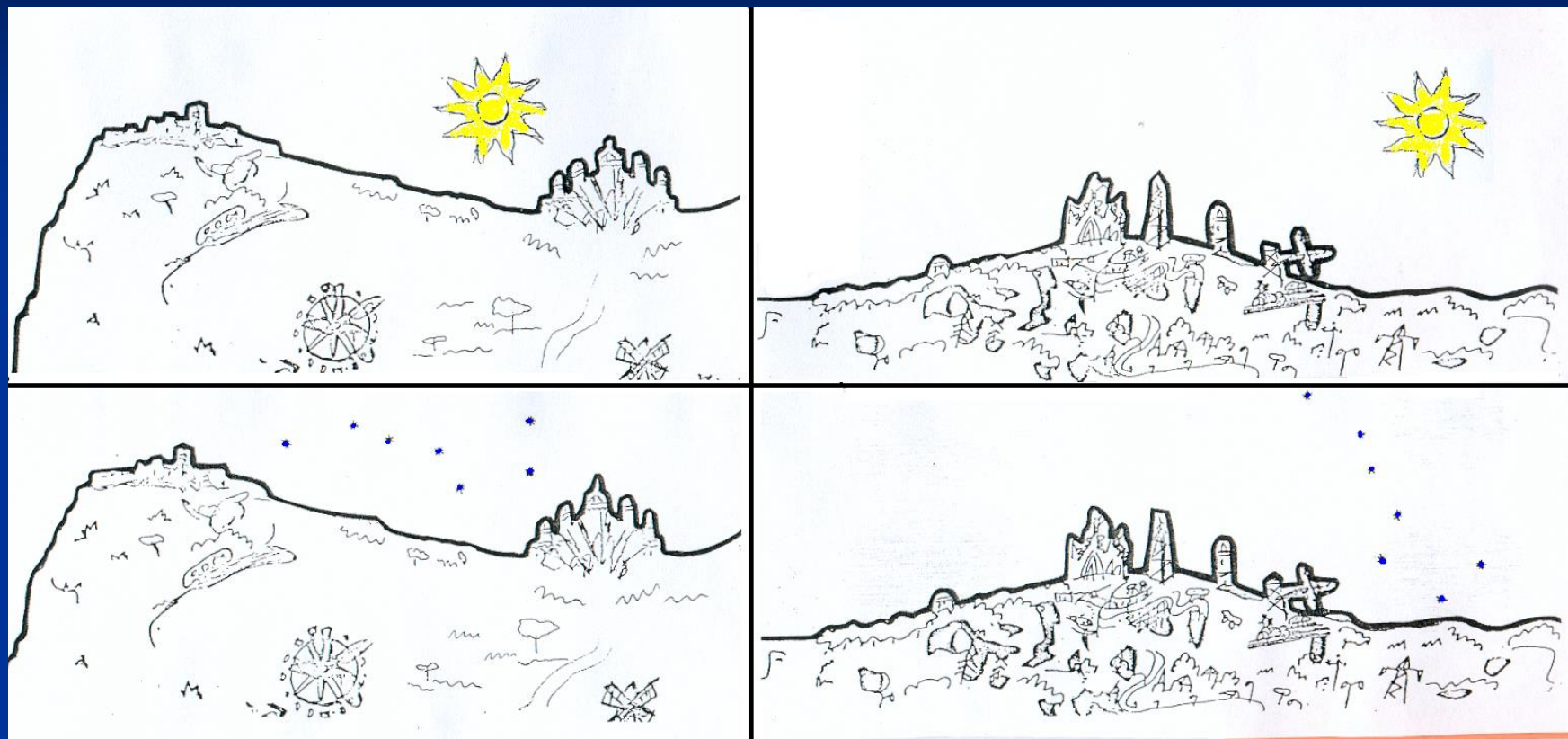
例2：オクラハマ州タルサ（アメリカ） 11月16日

調整	説明	結果
1. 経度	タルサの標準子午線は西経90°である。 タルサの経度は西経 95°58' =西経 96° 標準子午線より西に6度ずれている。 (1°は時間の4分に相当)	+24 分
2. 夏時間 日本不採用	11月16日、夏時間は実施されていない。	0 分
3. 均時差	表から11月16日での値を読む。	- 15.3 分
合計		+ 8.7 分

例えば、日時計の正午は、
12時+8.7分 = 12時8.7分（腕時計の時間）となる。



方位についてよく理解しよう



訳注：日常生活であれば、地平線の方角（東西南北）がわかればよい。
天体を見る場合、それに加え、地平線からの高度や天頂という方向、
さらに天球面上に天の北極や天の赤道という別の基準があり、
簡単ではなくなっている。

天球の動きを観測しよう



まとめ

- 天球の動きについて、中からと外からの両方で考えてみた。
- 季節が違くと太陽の動きがどう違うか、日照がどう違うか、復習した。
- 方位について復習した。
- 日の出が真東、日の入りが真西とは限らない。

ありがとうございました

Rosa M. Ros

