

天測

— 天体を利用して船位を求める —

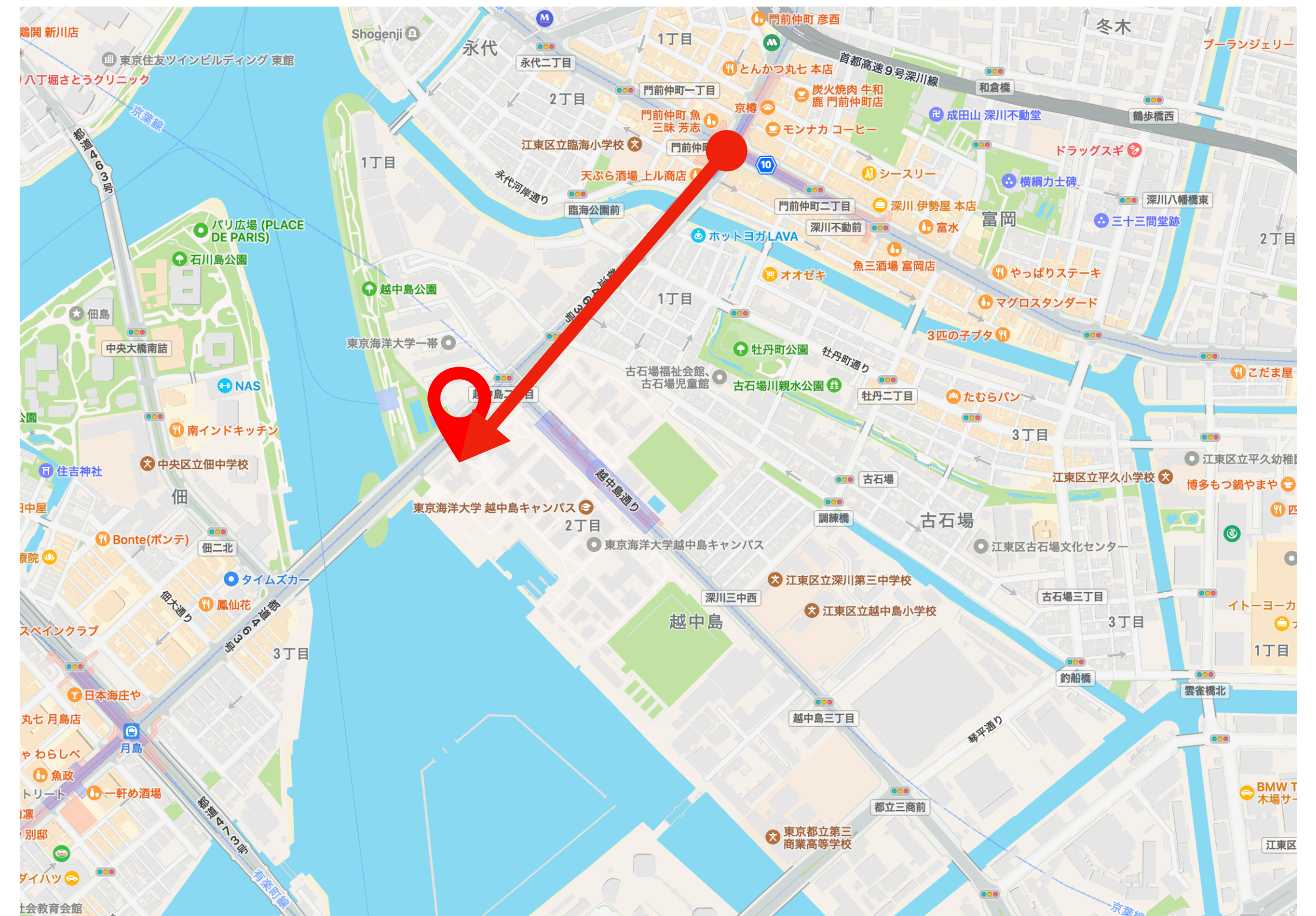
2023/06/03

竹井義晴

陸上で位置を求めるには

陸上で位置を求めるには

- ・ 顕著な物標との相対位置関係を利用する (地図)
- ・ 緯度・経度で表す (GPS)



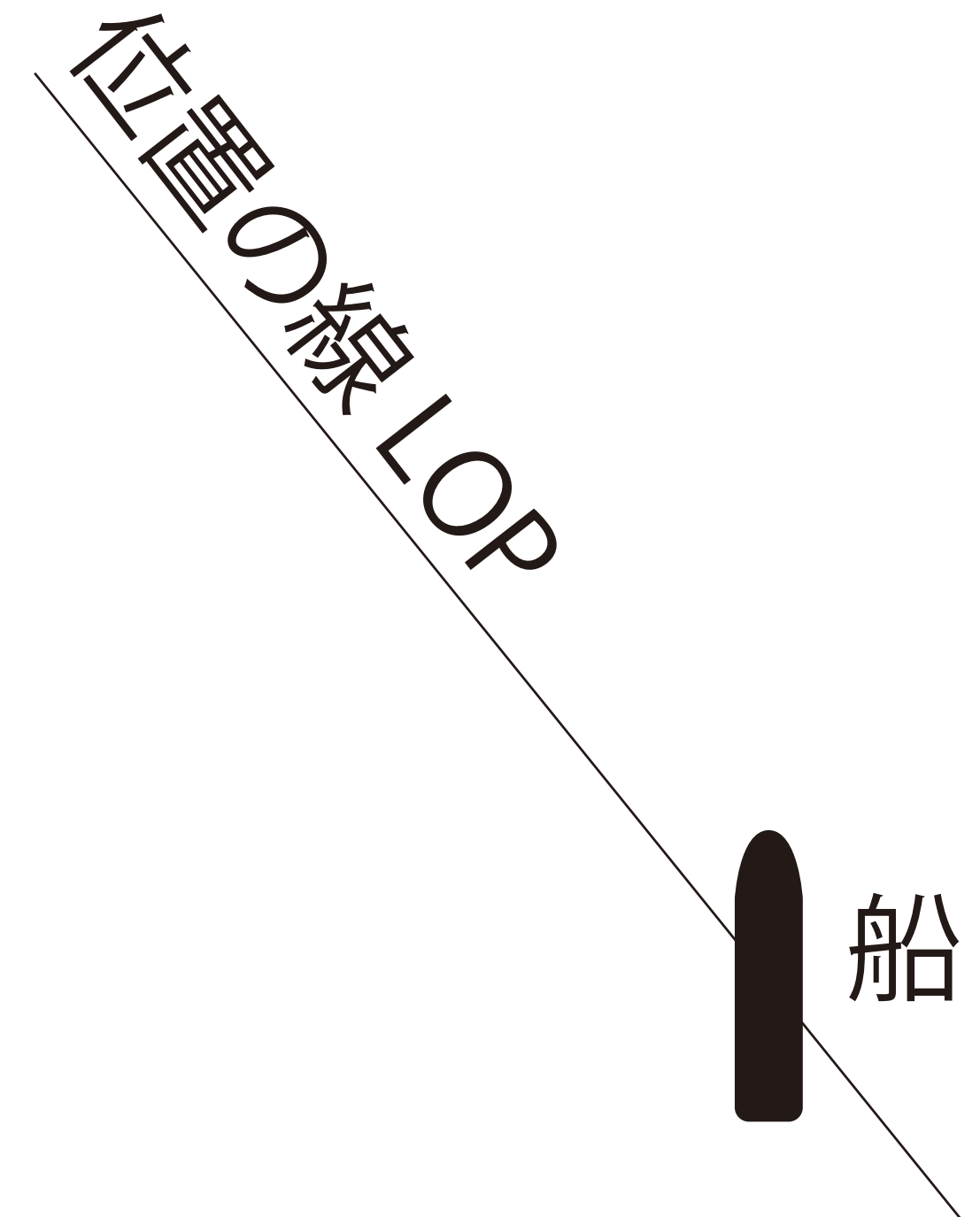
越中島付近の地図

海上で位置（船位）を求めするには

船位を求めするには複数の「位置の線」が必要

「位置の線」とは、物標等を測定して得られる、船がいる可能性のある1本の線

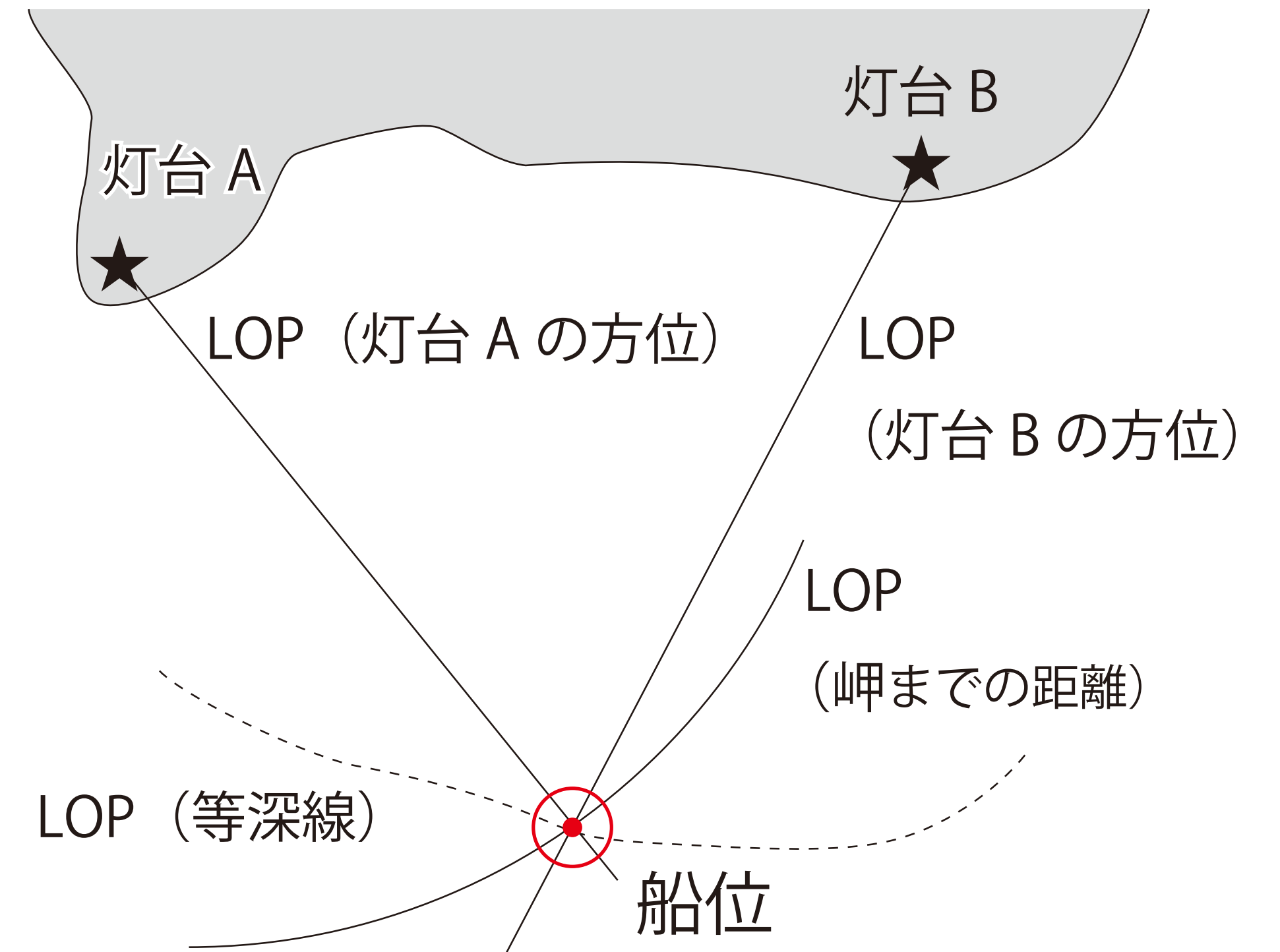
位置の線：LOP（Line Of Position）



位置の線の種類

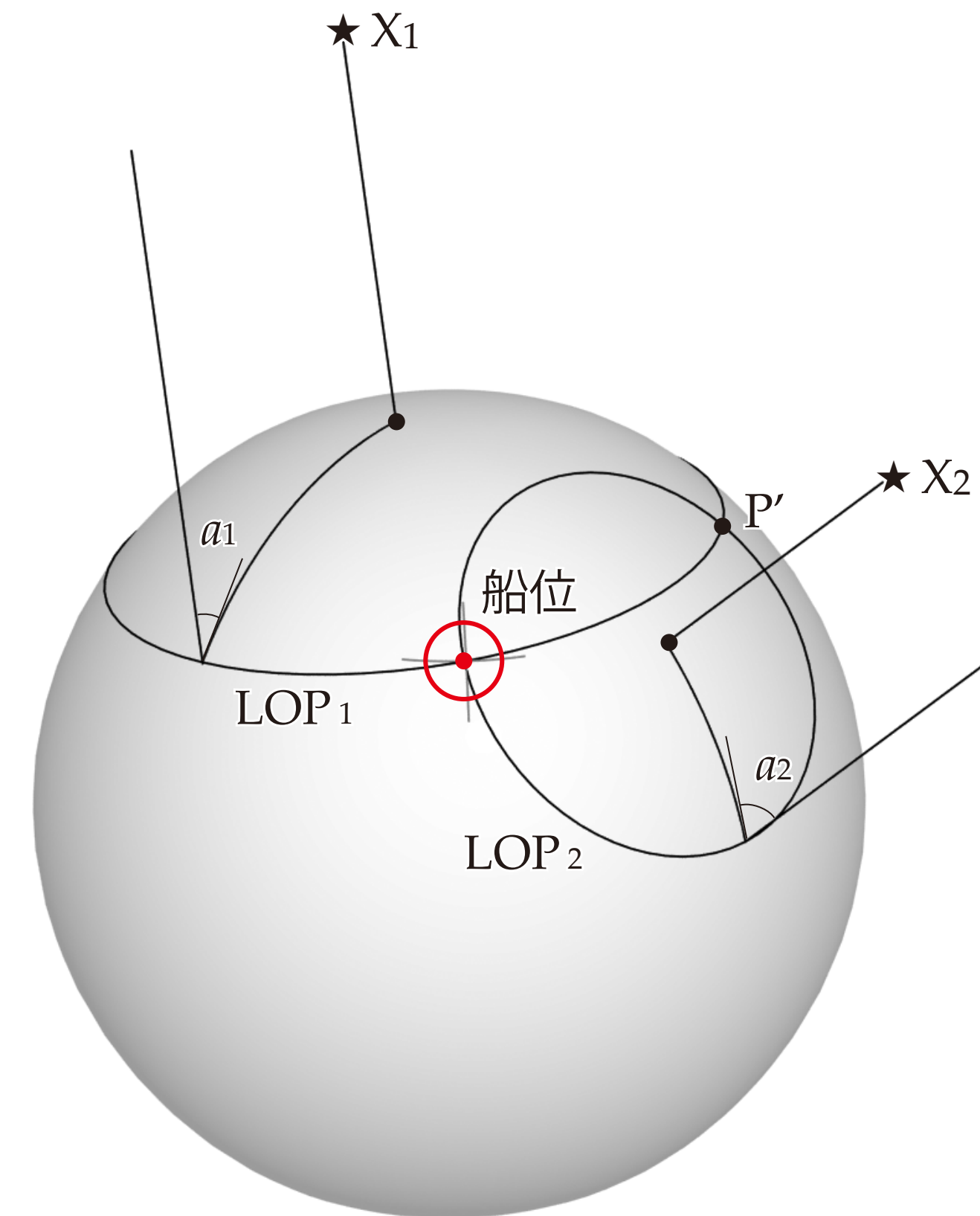
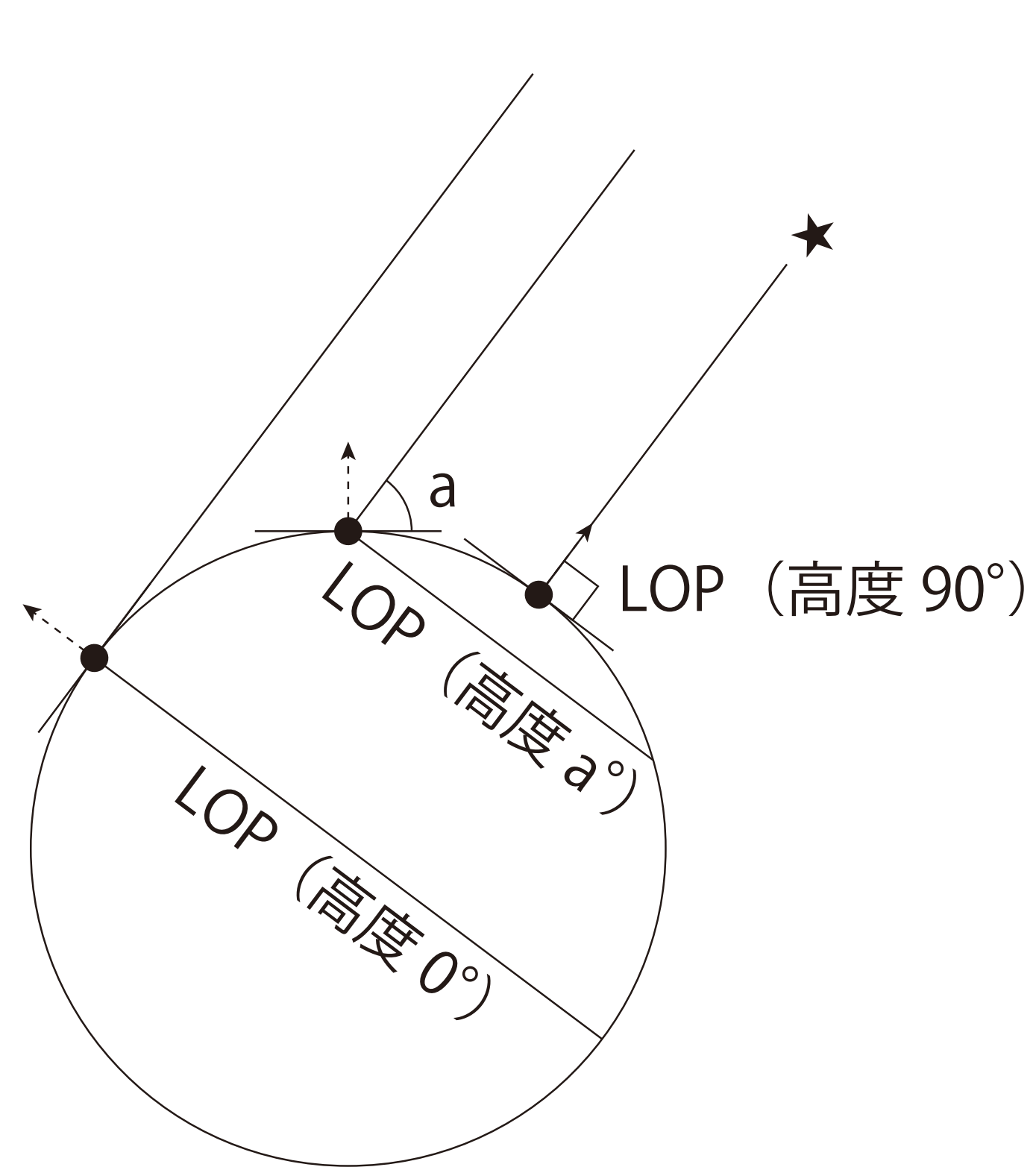
位置の線の種類

物標等	位置の線	航海計器	海域
航路標識 (灯台等)	方位	コンパス	沿岸
地形 (岬等)	距離 方位	レーダー コンパス	沿岸
天体	高度	六分儀	大洋



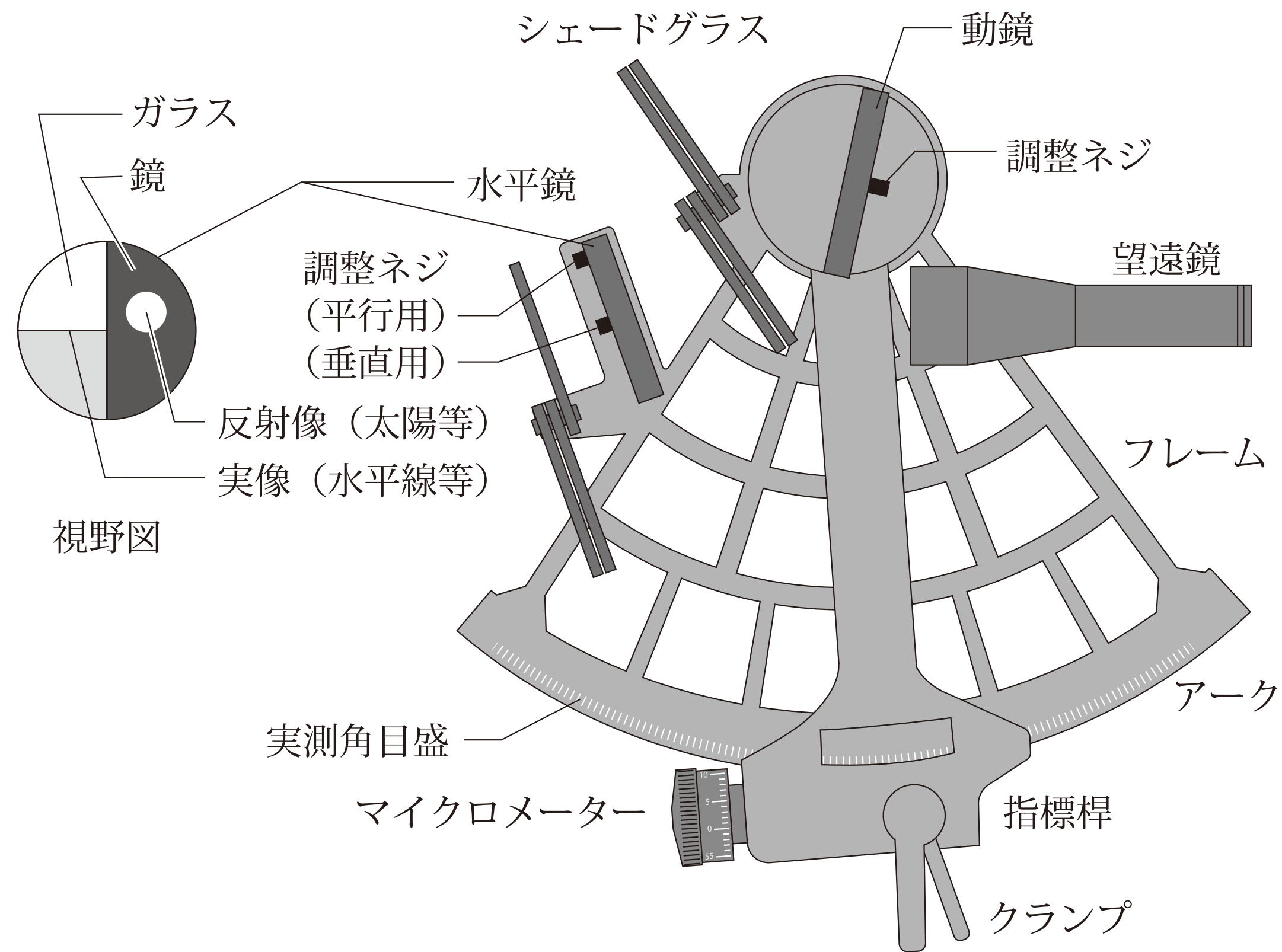
沿岸航海における位置の線と船位

天体による位置の線

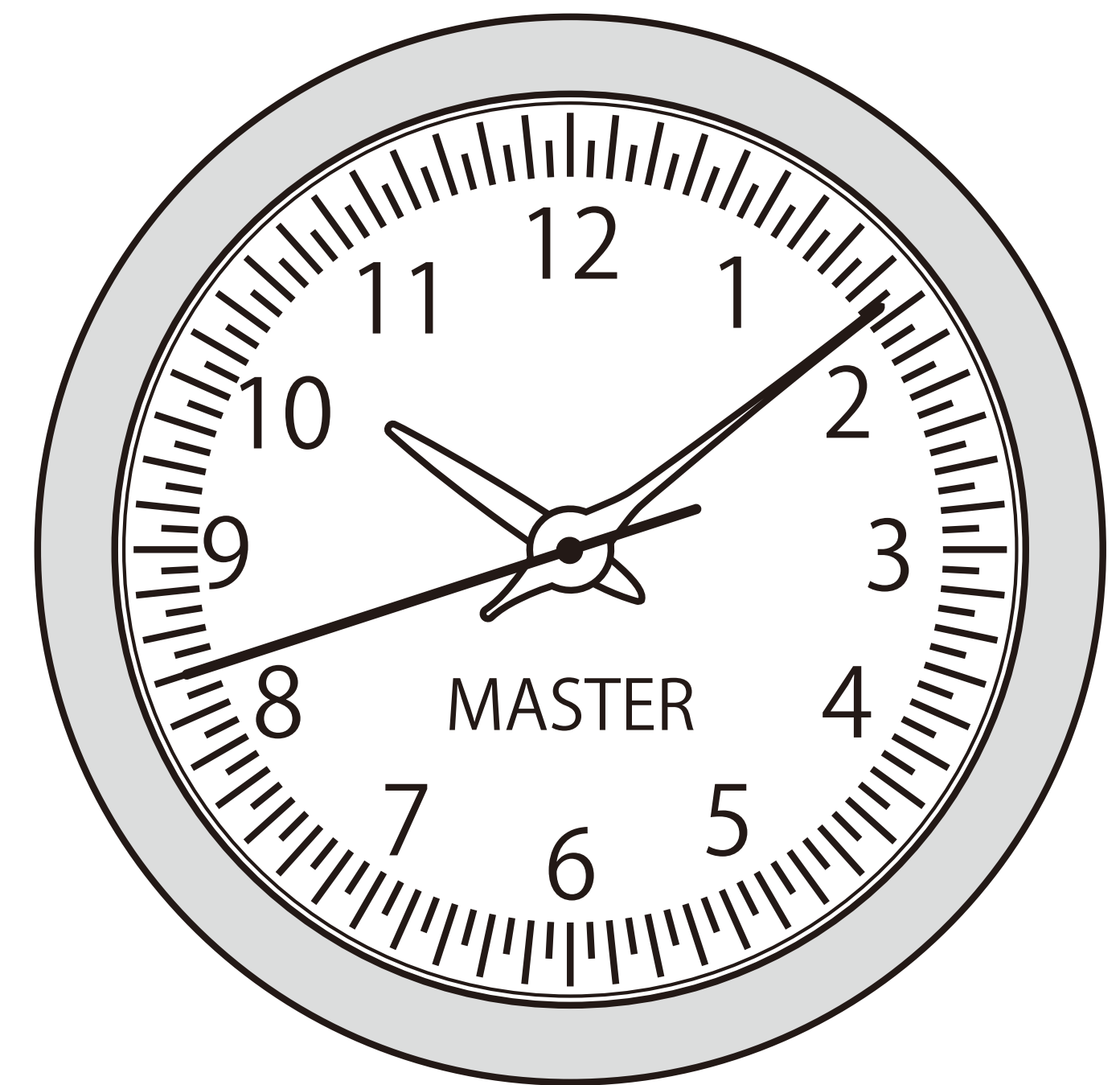


天測における位置の線と船位

天測に必要な航海計器



六分儀



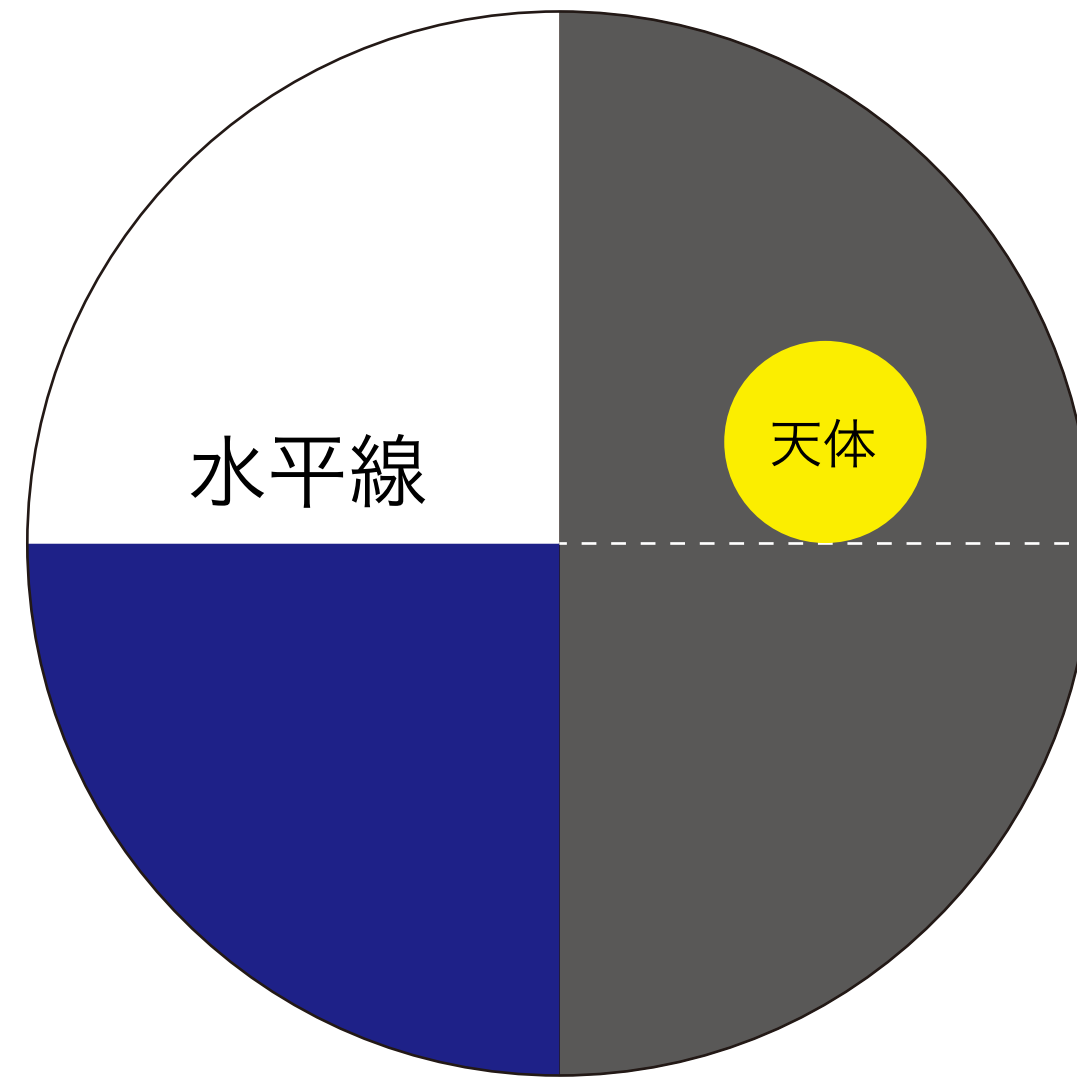
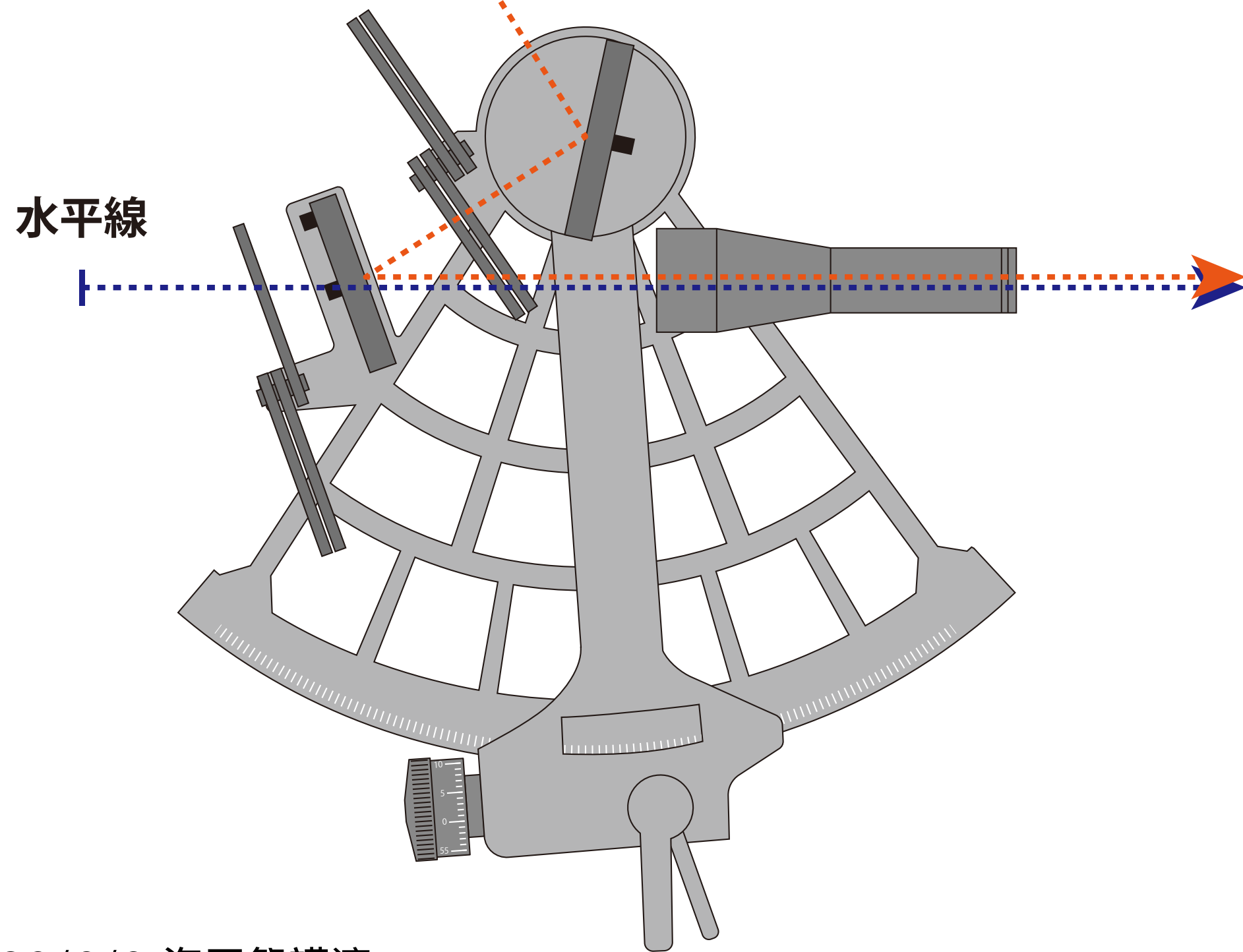
時計 (世界時)

六分儀による天体高度の測り方

● 天体

高度の測定

天体と水平線の成す角（高度）を測る



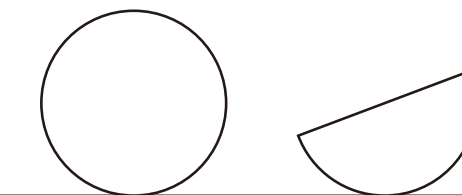
望遠鏡の視野

高度測定の精度

1' (=1°/60) 以内で正確であること

太陽・月

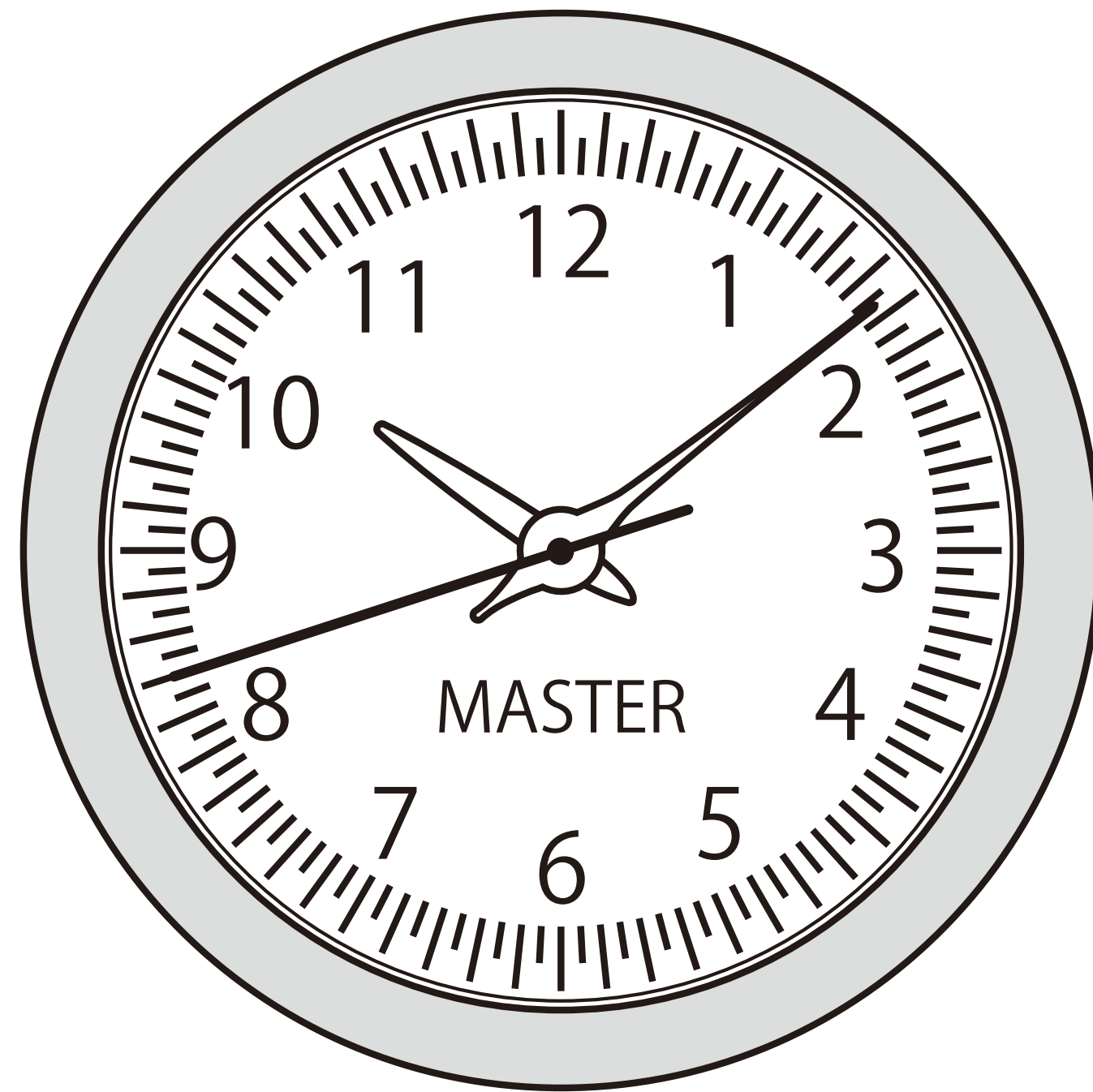
恒星・惑星



下辺 / 上辺

中央

時計と観測に必要な時間の精度



時計の精度

- 1秒以内で正確であること

観測時刻の精度

- 1秒以内で正確であること

時刻帯

- 世界時であること

天測に必要な水路図誌 — 天測暦

天測暦は天体の情報が記載されている

- 天体の位置：毎世界時
- 天体：太陽、月、恒星、惑星

天測暦は毎年発行される

過去日本版（右）が発行されていたが、
2022年版をもって廃刊

104 4月14日 月齢 d Age 24.6 2015

☉ 太陽			♃ 惑星			P.P.			☾ 月 正中時 h m Tr. 8 06			P.P.		
U	E _☉	d	dのP.P.	U	E _P	d	E _P d	U	E _☾	d	E _☾ d	U	E _☾	d
0	11 59 32	N 9 12.7	0 00 0.0	♀ 金星			正中時 h m Tr. 14 35	0	16 11 30	S 11 30.3	1 2 0.2	♁ 木星		
2	11 59 33	N 9 14.5	10 0.2	♁ 木星			0 00 0.0	1	16 09 18	S 11 25.8	2 4 0.3	♂ 火星		
4	11 59 35	N 9 16.3	20 0.3	♂ 火星			0 00 0.0	2	16 07 06	S 11 15.9	3 7 0.5	♄ 土星		
6	11 59 36	N 9 18.1	30 0.5	♄ 土星			0 00 0.0	3	16 04 54	S 11 03.4	4 9 0.7	♅ 水星		
8	11 59 37	N 9 19.9	40 0.6	♅ 水星			0 00 0.0	4	16 02 43	S 10 54.3	5 11 0.8	♁ 木星		
10	11 59 38	N 9 21.7	50 0.8	♁ 木星			0 00 0.0	5	16 00 31	S 10 45.2	6 13 1.0	♂ 火星		
12	11 59 40	N 9 23.5	1 00 0.9	♂ 火星			0 00 0.0	6	15 58 20	S 10 35.9	7 15 1.1	♄ 土星		
14	11 59 41	N 9 25.3	10 1.1	♄ 土星			0 00 0.0	7	15 56 08	S 10 26.6	8 17 1.2	♅ 水星		
16	11 59 42	N 9 27.1	20 1.2	♅ 水星			0 00 0.0	8	15 53 56	S 10 17.2	9 19 1.3	♁ 木星		
18	11 59 43	N 9 28.9	30 1.4	♁ 木星			0 00 0.0	9	15 51 45	S 10 07.7	10 21 1.4	♂ 火星		
20	11 59 44	N 9 30.7	40 1.5	♂ 火星			0 00 0.0	10	15 49 33	S 9 58.2	11 23 1.5	♄ 土星		
22	11 59 46	N 9 32.5	1 50 1.7	♄ 土星			0 00 0.0	11	15 47 21	S 9 48.6	12 25 1.6	♅ 水星		
24	11 59 47	N 9 34.3	2 00 1.8	♅ 水星			0 00 0.0	12	15 45 10	S 9 38.9	13 27 1.7	♁ 木星		
視半径 S.D. 15 59			♁ 木星			0 00 0.0	13	15 42 58	S 9 29.2	14 29 1.8	♂ 火星			
* 恒星 U=0 ^h の値			♂ 火星			0 00 0.0	14	15 40 47	S 9 19.4	15 31 1.9	♄ 土星			
No.	E*	d	♄ 土星			0 00 0.0	15	15 38 35	S 9 09.5	16 33 2.0	♅ 水星			
1	Polaris	10 37 53	N 89 19.7	♅ 水星			0 00 0.0	16	15 36 23	S 8 59.5	17 35 2.1	♁ 木星		
2	Kochab	22 36 41	N 74 05.5	♁ 木星			0 00 0.0	17	15 34 12	S 8 49.5	18 37 2.2	♂ 火星		
3	Dubhe	2 22 44	N 61 40.1	♂ 火星			0 00 0.0	18	15 32 00	S 8 39.5	19 39 2.3	♄ 土星		
4	β Cassiop.	13 17 25	N 59 13.9	♄ 土星			0 00 0.0	19	15 30 55	S 8 34.4	20 41 2.4	♅ 水星		
5	Merak	0 02 51	N 56 18.1	♅ 水星			0 00 0.0	20	15 29 49	S 8 29.3	21 43 2.5	♁ 木星		
6	Alioth	12 46 03	N 55 52.6	♁ 木星			0 00 0.0	21	15 27 37	S 8 19.1	22 45 2.6	♂ 火星		
7	Schedir	0 02 51	N 54 50.7	♂ 火星			0 00 0.0	22	15 25 26	S 8 08.9	23 47 2.7	♄ 土星		
8	Mizar	0 02 51	N 54 50.7	♄ 土星			0 00 0.0	23	15 23 15	S 7 58.6	24 49 2.8	♅ 水星		
9	α Persei	10 02 00	N 49 54.8	♅ 水星			0 00 0.0	24	15 21 03	S 7 48.2	25 51 2.9	♁ 木星		
10	Benetnasch	23 39 15	N 49 14.2	♁ 木星			0 00 0.0	25	15 19 57	S 7 43.0	26 53 3.0	♂ 火星		
11	Capella	8 09 36	N 46 00.7	♂ 火星			0 00 0.0	26	15 18 52	S 7 37.8	27 55 3.1	♄ 土星		
12	Deneb	16 45 27	N 45 19.9	♄ 土星			0 00 0.0	27	15 17 46	S 7 32.6	28 57 3.2	♅ 水星		
13	Vega	18 49 56	N 38 47.8	♅ 水星			0 00 0.0	28	15 16 40	S 7 27.4	29 59 3.3	♁ 木星		
14	Castor	5 51 50	N 31 51.1	♁ 木星			0 00 0.0	29	15 15 34	S 7 22.2	30 61 3.4	♂ 火星		
15	Alpheratz	13 18 15	N 29 10.3	♂ 火星			0 00 0.0	30	15 14 28	S 7 17.0	31 63 3.5	♄ 土星		
16	Pollux	5 41 09	N 27 59.2	♄ 土星			0 00 0.0	31	15 13 22	S 7 11.8	32 65 3.6	♅ 水星		
17	α Cor. Bor.	21 52 03	N 26 39.8	♅ 水星			0 00 0.0	32	15 12 16	S 7 06.6	33 67 3.7	♁ 木星		
18	Arcturus	23 11 02	N 19 06.1	♁ 木星			0 00 0.0	33	15 11 10	S 7 01.4	34 69 3.8	♂ 火星		
19	Aldebaran	8 50 37	N 16 32.1	♂ 火星			0 00 0.0	34	15 10 04	S 6 56.2	35 71 3.9	♄ 土星		
20	Markab	14 21 54	N 15 17.1	♄ 土星			0 00 0.0	35	15 09 00	S 6 51.0	36 73 4.0	♅ 水星		
21	Denebola	1 37 33	N 14 29.1	♅ 水星			0 00 0.0	36	15 08 54	S 6 45.8	37 75 4.1	♁ 木星		
22	α Ophiuchi	19 51 45	N 12 33.0	♁ 木星			0 00 0.0	37	15 07 48	S 6 40.6	38 77 4.2	♂ 火星		
23	Regulus	3 18 13	N 11 53.4	♂ 火星			0 00 0.0	38	15 06 42	S 6 35.4	39 79 4.3	♄ 土星		
24	Altair	17 35 53	N 8 54.5	♄ 土星			0 00 0.0	39	15 05 36	S 6 30.2	40 81 4.4	♅ 水星		
25	Betelgeuse	7 31 25	N 7 24.3	♅ 水星			0 00 0.0	40	15 04 30	S 6 25.0	41 83 4.5	♁ 木星		
26	Bellatrix	8 01 28	N 6 21.5	♁ 木星			0 00 0.0	41	15 03 24	S 6 19.8	42 85 4.6	♂ 火星		
27	Procyon	5 47 18	N 5 10.8	♂ 火星			0 00 0.0	42	15 02 18	S 6 14.6	43 87 4.7	♄ 土星		
28	Rigel	8 12 09	S 8 11.4	♄ 土星			0 00 0.0	43	15 01 12	S 6 09.4	44 89 4.8	♅ 水星		
29	α Hydrae	3 59 03	S 8 43.8	♅ 水星			0 00 0.0	44	15 00 06	S 6 04.2	45 91 4.9	♁ 木星		
30	Spica	0 01 23	S 11 14.5	♁ 木星			0 00 0.0	45	14 59 00	S 6 00.0	46 93 5.0	♂ 火星		
31	Sirius	6 41 36	S 16 44.6	♂ 火星			0 00 0.0	46	14 57 54	S 5 55.8	47 95 5.1	♄ 土星		
32	β Ceti	12 43 04	S 17 54.3	♄ 土星			0 00 0.0	47	14 56 48	S 5 51.6	48 97 5.2	♅ 水星		
33	Antares	20 57 02	S 26 27.8	♅ 水星			0 00 0.0	48	14 55 42	S 5 47.4	49 99 5.3	♁ 木星		
34	σ Sagittarii	18 31 11	S 26 16.4	♁ 木星			0 00 0.0	49	14 54 36	S 5 43.2	50 101 5.4	♂ 火星		
35	Fomalhaut	14 28 56	S 29 32.4	♂ 火星			0 00 0.0	50	14 53 30	S 5 39.0	51 103 5.5	♄ 土星		
36	λ Scorpii	19 52 45	S 37 06.6	♄ 土星			0 00 0.0	51	14 52 24	S 5 34.8	52 105 5.6	♅ 水星		
37	Canopus	7 03 08	S 52 42.7	♅ 水星			0 00 0.0	52	14 51 18	S 5 30.6	53 107 5.7	♁ 木星		
38	α Pavonis	17 00 34	S 56 40.8	♁ 木星			0 00 0.0	53	14 50 12	S 5 26.4	54 109 5.8	♂ 火星		
39	Achernar	11 49 11	S 57 09.7	♂ 火星			0 00 0.0	54	14 49 06	S 5 22.2	55 111 5.9	♄ 土星		
40	β Crucis	0 38 43	S 59 46.4	♄ 土星			0 00 0.0	55	14 48 00	S 5 18.0	56 113 6.0	♅ 水星		
41	β Centauri	23 22 26	S 60 26.7	♅ 水星			0 00 0.0	56	14 46 54	S 5 13.8	57 115 6.1	♁ 木星		
42	α Centauri	22 46 42	S 60 53.8	♁ 木星			0 00 0.0	57	14 45 48	S 5 09.6	58 117 6.2	♂ 火星		
43	α Crucis	0 59 53	S 63 11.2	♂ 火星			0 00 0.0	58	14 44 42	S 5 05.4	59 119 6.3	♄ 土星		
44	α Tri. Aust.	20 37 04	S 69 02.9	♄ 土星			0 00 0.0	59	14 43 36	S 5 01.2	60 121 6.4	♅ 水星		
45	β Carinae	4 14 00	S 69 47.2	♅ 水星			0 00 0.0	60	14 42 30	S 4 57.0	61 123 6.5	♁ 木星		
R ₀ h m s 13 27 24			♁ 木星			0 00 0.0	61	14 41 24	S 4 52.8	62 125 6.6	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	62	14 40 18	S 4 48.6	63 127 6.7	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	63	14 39 12	S 4 44.4	64 129 6.8	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	64	14 38 06	S 4 40.2	65 131 6.9	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	65	14 37 00	S 4 36.0	66 133 7.0	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	66	14 35 54	S 4 31.8	67 135 7.1	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	67	14 34 48	S 4 27.6	68 137 7.2	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	68	14 33 42	S 4 23.4	69 139 7.3	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	69	14 32 36	S 4 19.2	70 141 7.4	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	70	14 31 30	S 4 15.0	71 143 7.5	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	71	14 30 24	S 4 10.8	72 145 7.6	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	72	14 29 18	S 4 06.6	73 147 7.7	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	73	14 28 12	S 4 02.4	74 149 7.8	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	74	14 27 06	S 3 98.2	75 151 7.9	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	75	14 26 00	S 3 94.0	76 153 8.0	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	76	14 24 54	S 3 89.8	77 155 8.1	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	77	14 23 48	S 3 85.6	78 157 8.2	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	78	14 22 42	S 3 81.4	79 159 8.3	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	79	14 21 36	S 3 77.2	80 161 8.4	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	80	14 20 30	S 3 73.0	81 163 8.5	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	81	14 19 24	S 3 68.8	82 165 8.6	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	82	14 18 18	S 3 64.6	83 167 8.7	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	83	14 17 12	S 3 60.4	84 169 8.8	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	84	14 16 06	S 3 56.2	85 171 8.9	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	85	14 15 00	S 3 52.0	86 173 9.0	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	86	14 13 54	S 3 47.8	87 175 9.1	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	87	14 12 48	S 3 43.6	88 177 9.2	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	88	14 11 42	S 3 39.4	89 179 9.3	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	89	14 10 36	S 3 35.2	90 181 9.4	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	90	14 09 30	S 3 31.0	91 183 9.5	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00 0.0	91	14 08 24	S 3 26.8	92 185 9.6	♅ 水星			
			♅ 水星			0 00 0.0	92	14 07 18	S 3 22.6	93 187 9.7	♁ 木星			
			♁ 木星			0 00 0.0	93	14 06 12	S 3 18.4	94 189 9.8	♂ 火星			
			♂ 火星			0 00 0.0	94	14 05 06	S 3 14.2	95 191 9.9	♄ 土星			
			♄ 土星			0 00								

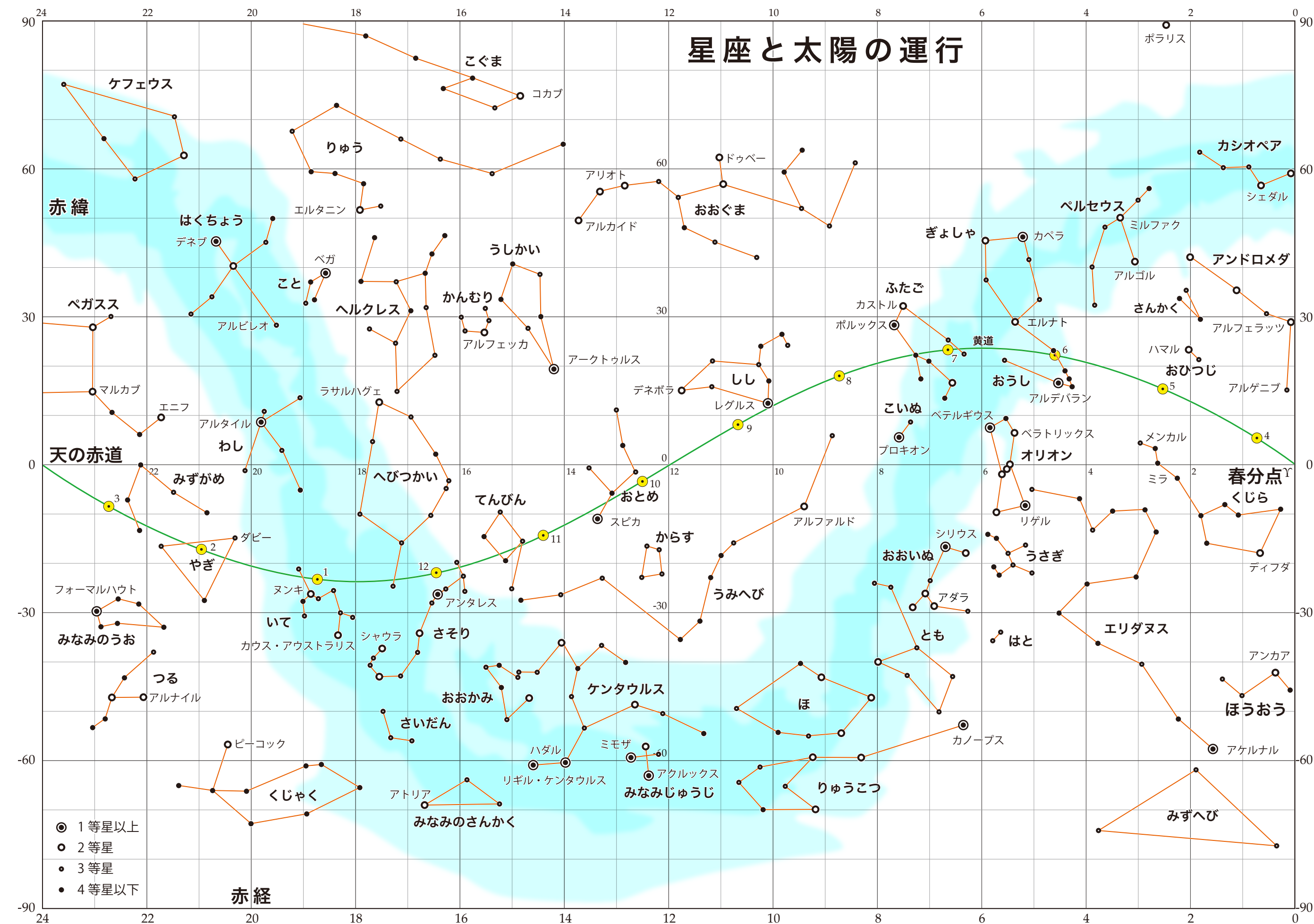
天体の位置とは

天体の天球上の位置

- 赤緯 (緯度)
- 赤経 (経度)

天測曆に掲載されている位置 (観測者から見た天体の位置)

- 赤緯
- 時角 (赤経に地球の自転量を加味した値)



天測は何時でも実施できる訳ではない！

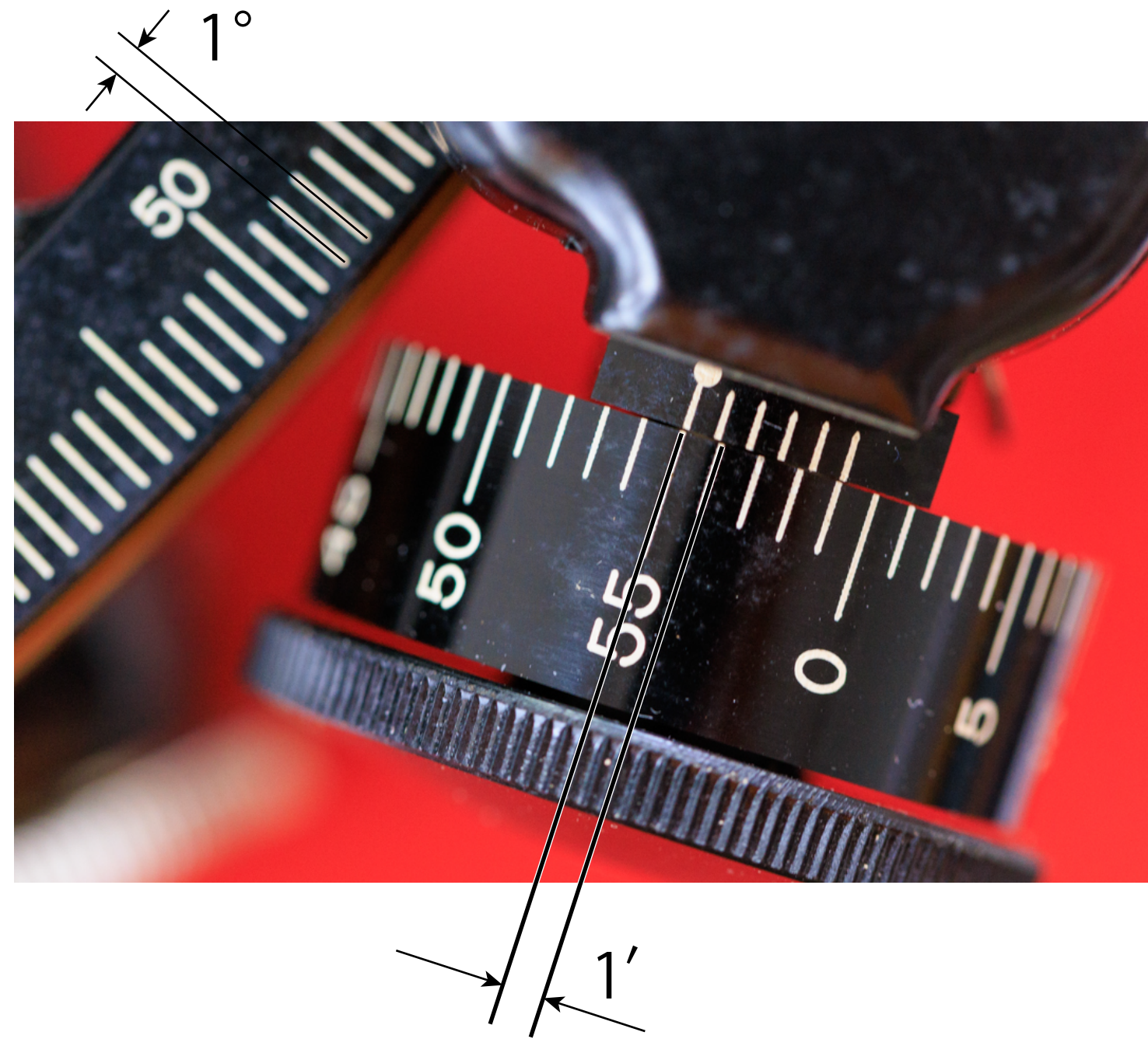
天測が実施できる条件

- 天体：
 - 天測暦に記載されている
 - 観測者から見える（緯度による制約）
 - 適当な高度にある（ $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ）
- 天候：天体と水平線が見える
- 時間帯：日出前（薄明時）～日没後（薄明時）

天測に使用する天体と時間帯

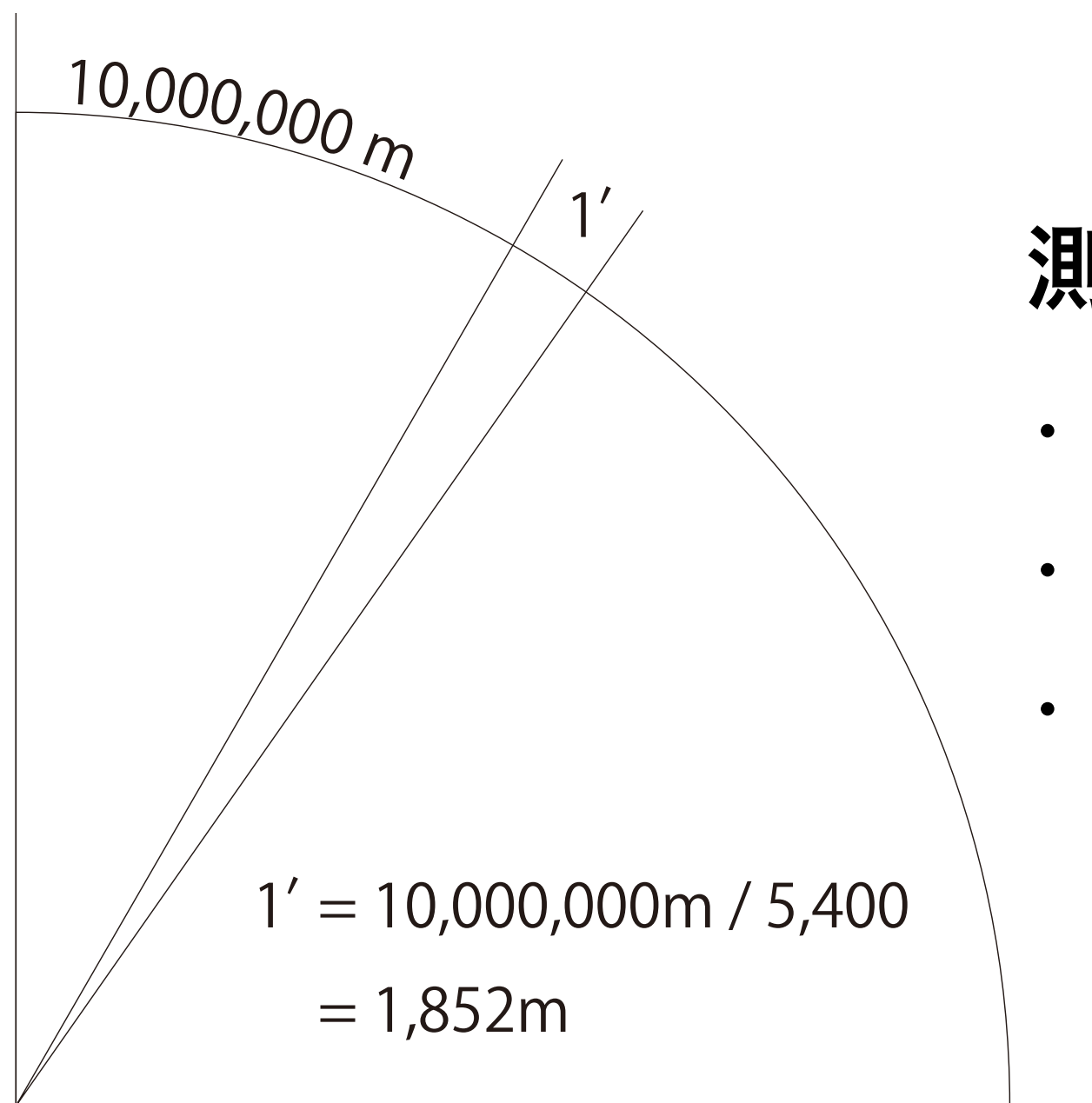
時間帯	夜間	日出前 薄明時	昼間	日没後 薄明時	夜間
天体	☆ 🌙	☀️ 🌙	☀️ 🌙	☆ 🌙	
水平線	×	×△○	○	○△×	×
天測可	×	×△○	○	○△×	×

測定角度1'の意味するところ



マイクロメーターの最小目盛は
1' (=1°/60)

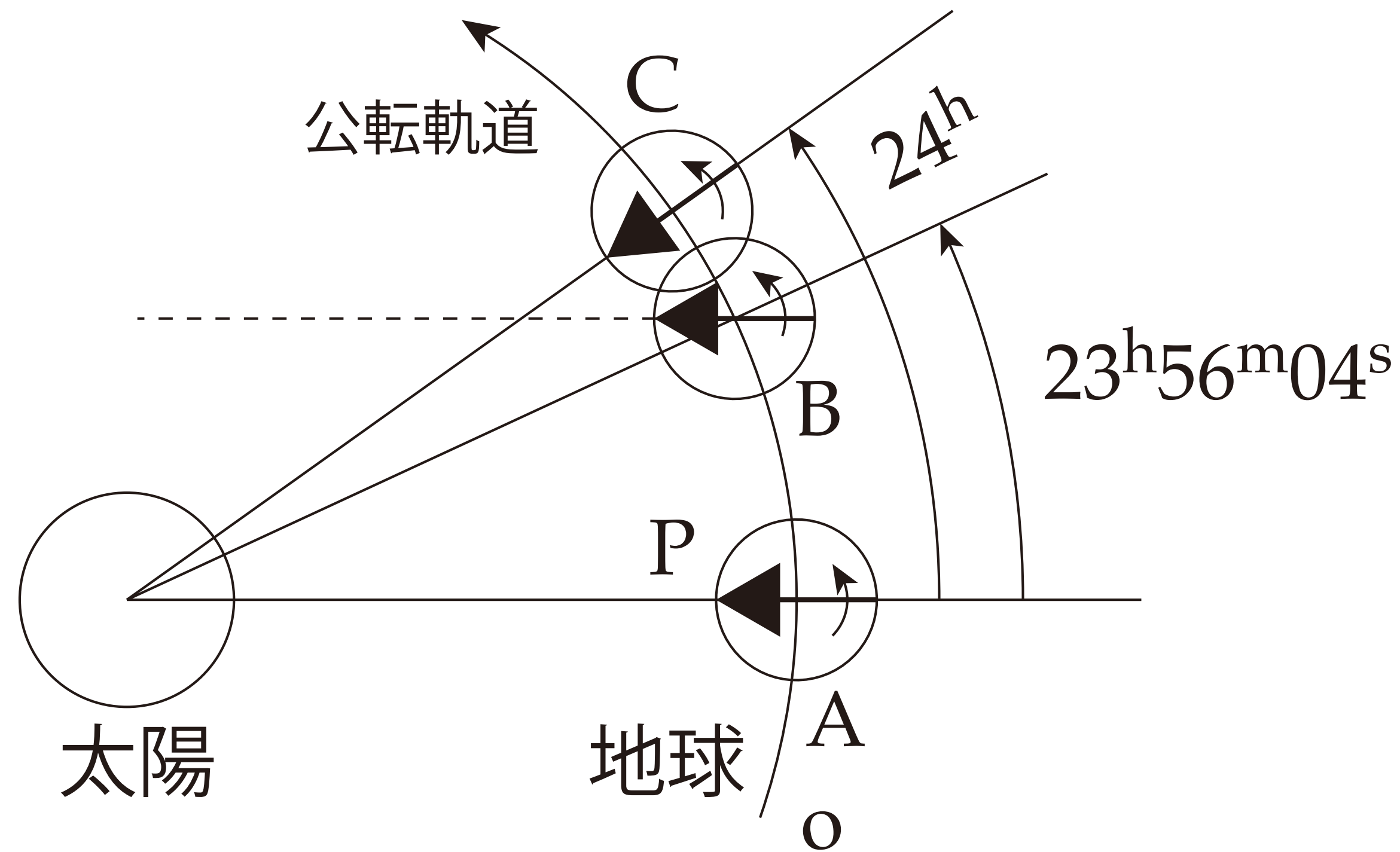
地球の子午線の1/4の長さは10,000,000m



測定角度1'の意味するところ

- 距離：1' は海里（マイル）に等しい
- 緯度：1' は緯度1'に等しい
- 船速：1ノットは1時間に1' 移動する速さ

時間1秒とは



1日とは

- 太陽が正中し、再度正中するまでの時間 (AC)
- 地球が1回転する時間ではない (AB)

1秒とは

- 1日を86,400で割った時間
- $86,400 = 24 \times 60 \times 60$