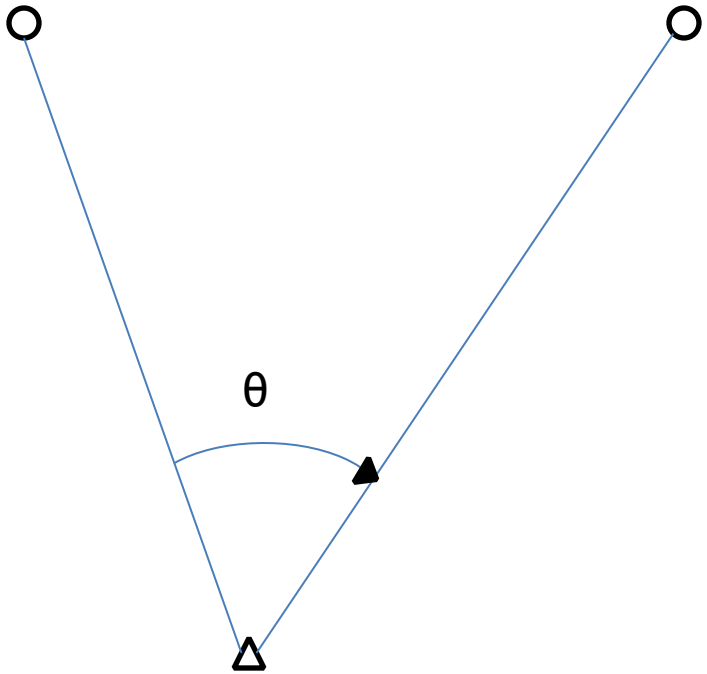
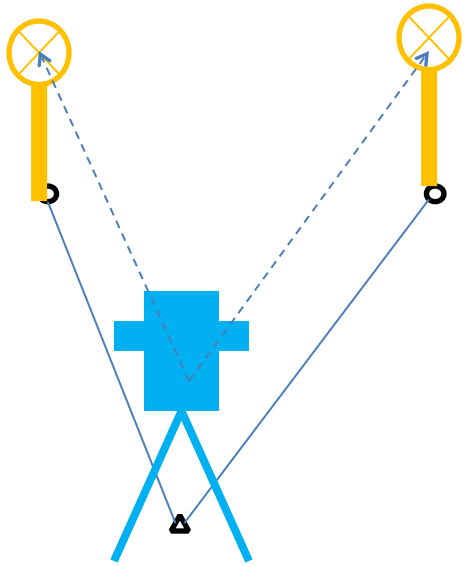
基準点測量　1

観測手簿計算

観測手簿とは？

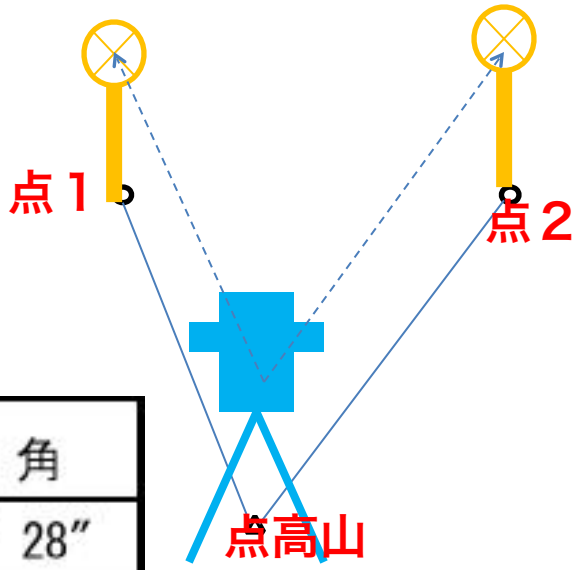
セオドライトやTSで角度を観測し、誤差が許容範囲内か確認するための手簿。現在はTSで内部計算してしまうが、測量士補試験では出題される。





実際はこんなふうに観測

観測手簿の例



望遠鏡は正・反のどちらだったか？
正＝ｒ／反＝ｌ

ミラーを立てた点

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″
		2	(1)	124° 18′ 39″
	ℓ	2		304° 18′ 42″
		1		180° 0′ 25″
90°	ℓ	1		270° 2′ 30″
		2		34° 20′ 51″
	r	2		214° 20′ 43″
		1		90° 2′ 33″

目盛板どこを使ったか

TSの点の名前

手簿の見方

この観測では「１」と「２」の２点間を目盛板位置を変えて２回測定しています。これを２対回と言います。この平均が角度として確定します。

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角	
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″	
		2	(1)	124° 18′ 39″	１対回目
	ℓ	2		304° 18′ 42″	
		1		180° 0′ 25″	
90°	ℓ	1		270° 2′ 30″	
		2		34° 20′ 51″	２対回目
	r	2		214° 20′ 43″	
		1		90° 2′ 33″	

手簿の見方

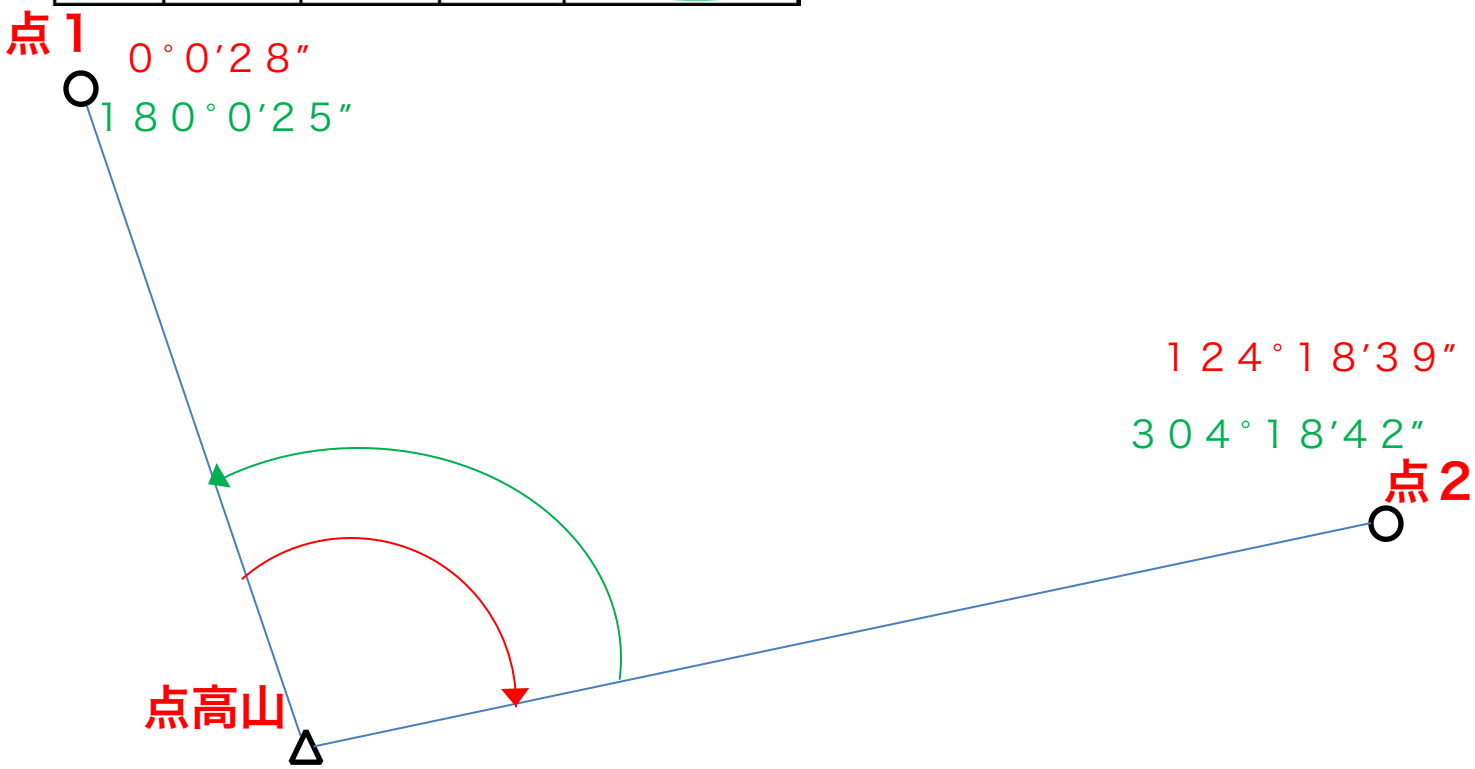
手簿には観測した数値を記入しています。

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″
		2	(1)	124° 18′ 39″
	ℓ	2		304° 18′ 42″
		1		180° 0′ 25″

が測定結果

望遠鏡を反転

が測定結果



計算のしかた

１対回目の測定角（測定結果）を計算してみましょう。

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角	測定角
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″	①0°00′00″
		2	(1)	124° 18′ 39″	②
	ℓ	2		304° 18′ 42″	③
		1		180° 0′ 25″	④0°00′00″

②１２４°１８′３９″-０°０′２８″

③３０４°１８′４２″-１８０°０′２５″

※各対回の上下（①と④）は必ず0°00′00″になるので計算する前に書き込んでしまいましょう

計算のしかた

次は測定角を元に測定の良否を判断するための値、倍角・較差を計算してみましょう。

倍角：

較差：

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″
		2	(1)	124° 18′ 39″
	ℓ	2		304° 18′ 42″
		1		180° 0′ 25″

測定角	倍角	較差
①0°00′00″		
②124°18′11″	⑤28″	⑥-6″
③124°18′17″		
④0°00′00″		

⑤＝

⑥＝

手簿の見方

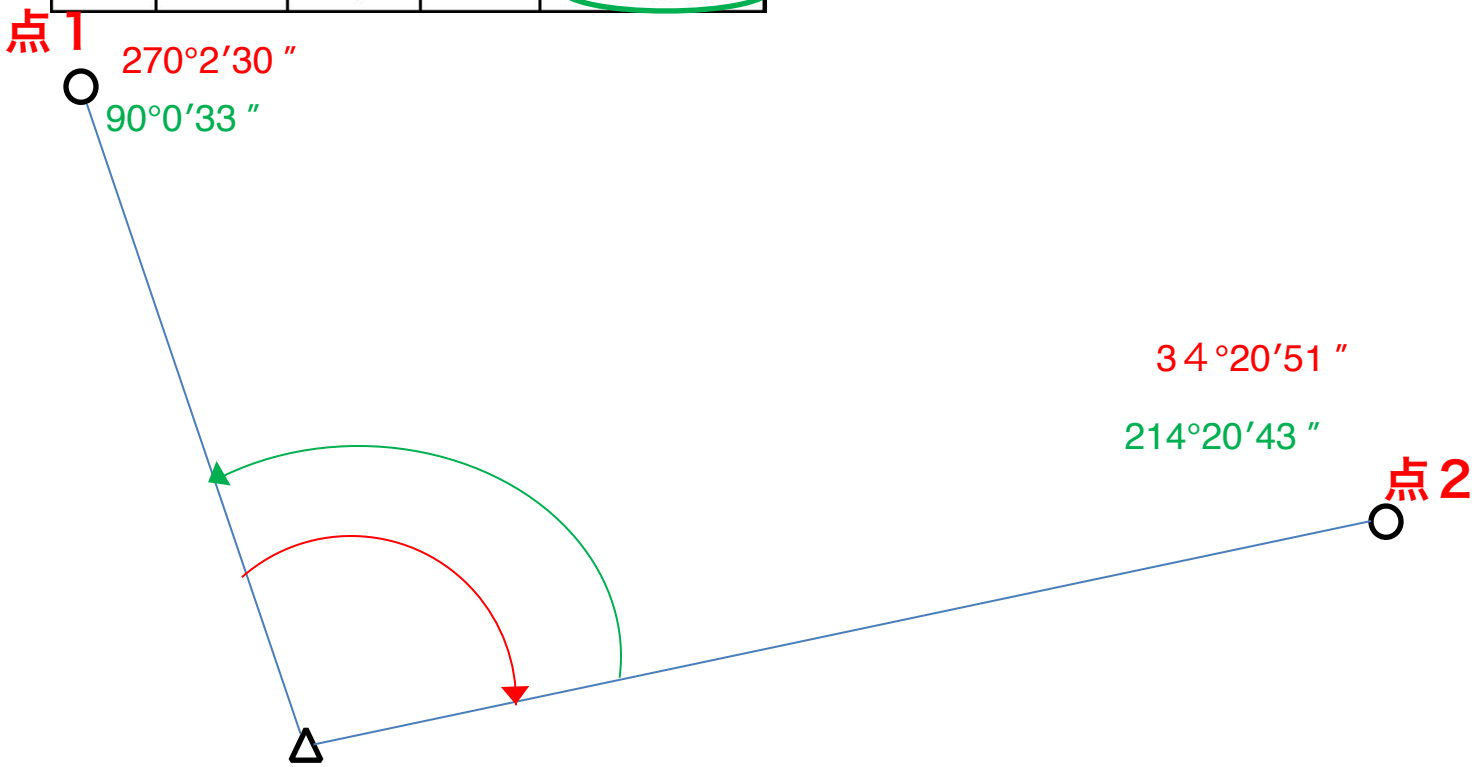
90°付近の目盛板を使って行った2対回目の観測値も見てみましょう

90°	ℓ	1		270° 2′ 30″
		2		34° 20′ 51″
	r	2		214° 20′ 43″
		1		90° 2′ 33″

34°20′51″-270°2′30″が測定結果

望遠鏡を反転

214°20′43″-90°0′33″が測定結果



計算のしかた

２対回目の測定角（測定結果）を計算してみましょう。

					測定角
90°	ℓ	1		270° 2′ 30″	①0°00′00″
		2		34° 20′ 51″	②124°18′21″
	r	2		214° 20′ 43″	③124°18′10″
		1		90° 2′ 33″	④0°00′00″

② 34°20′51″-270°2′30″

③ 214°20′43″-90°0′33″

※各対回の上下（①と④）は必ず0°00′00″になるので計算する前に書き込んでしまいましょう

計算のしかた

測定の良否を判断するための値、倍角差・観測差を計算してみましょう。

倍角差：各対回の

観測差：各対回の

90°	ℓ	1		270° 2′ 30″
		2		34° 20′ 51″
	r	2		214° 20′ 43″
		1		90° 2′ 33″

測定角	倍角	較差
①0°00′00″		
②124°18′21″	⑤31″	⑥-11″
③124°18′10″		
④0°00′00″		

⑤＝ r + l ＝21″+10″＝31″

⑥＝ r - l ＝10″-21″＝-11″

観測の良否を判断

倍角差・観測差を計算してみましょう。

倍角差：各対回の倍角の差

観測差：各対回の較差の差

測定角	倍角	較差	測定角	倍角	較差
①0°00′00″			①0°00′00″		
②124°18′11″	⑤28″	⑥-6″	②124°18′21″	⑤31″	⑥-11″
③124°18′17″			③124°18′10″		
④0°00′00″			④0°00′00″		

倍角差＝

観測差＝

観測の良否を判断

倍角差・観測差と制限値を比較

4級基準点測量の場合

倍較差は60″

観測差は40″

倍角差は**3″**なので　　だからOK

観測差は**5″**なの　　だからOK

両方OKだからこの観測は信用できる！

測定角の最確値を計算

２対回であれば４つの測定角を平均するだけです。

測定角	倍角	較差	測定角	倍角	較差
①0°00′00″			①0°00′00″		
②124°18′11″	⑤28″	⑥-6″	②124°18′21″	⑤31″	⑥-11″
③124°18′17″			③124°18′10″		
④0°00′00″			④0°00′00″		

最終結果

目盛	望遠鏡	視準点	番号	観　測　角	結　　果	倍角	較差	倍角差	観測差
0°	r	1	高山	0° 0′ 28″	0° 0′ 0″	28″	−6″	03″	05″
		2	(1)	124° 18′ 39″	124° 18′ 11″				
	ℓ	2		304° 18′ 42″	124° 18′ 17″				
		1		180° 0′ 25″	0° 0′ 0″				
90°	ℓ	1		270° 2′ 30″	0° 0′ 0″	31″	−11″		
		2		34° 20′ 51″	124° 18′ 21″				
	r	2		214° 20′ 43″	124° 18′ 10″				
		1		90° 2′ 33″	0° 0′ 0″				

最確値**124°18′15″**

ポイント！

①測定結果では°′の位をあわせる。

②正-反（ｒ-ｌ）は間違いやすい。

③２回以上確かめ算をする。

問題に挑戦してみましょう！

基準点測量　2

TSの器械的な誤差

鉛直軸・水平軸・視準軸・目盛盤

身につけたい知識

- TSの構造
- TSの器械的な誤差と対処法

TS（トータルステーション）とは

光波測距儀

距離と角度を測る

＋

セオドライト

角度を測る

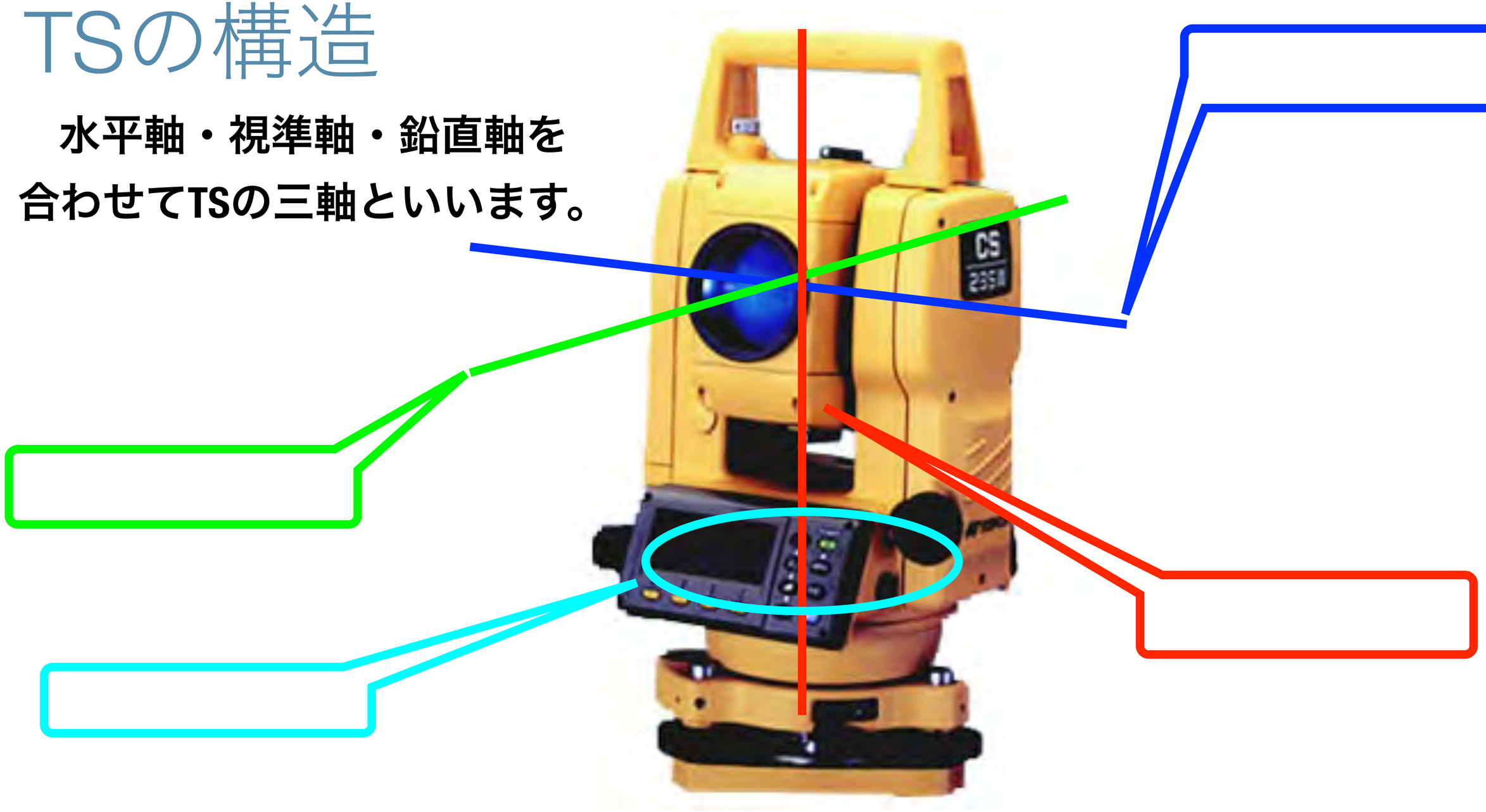
→

トータルステーション

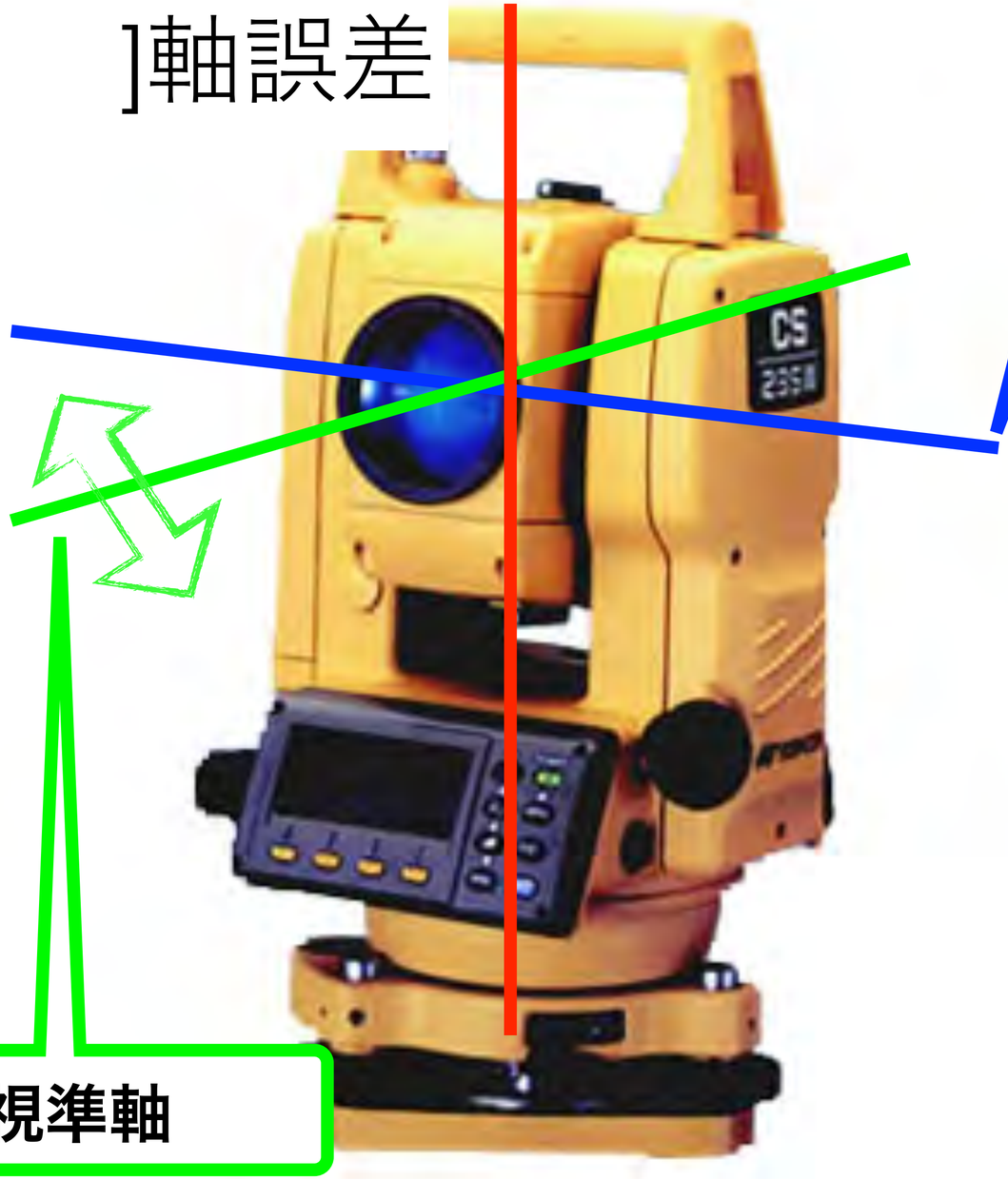
距離と角度を測る

TSの構造

水平軸・視準軸・鉛直軸を
合わせてTSの三軸といいます。



[　　]軸誤差

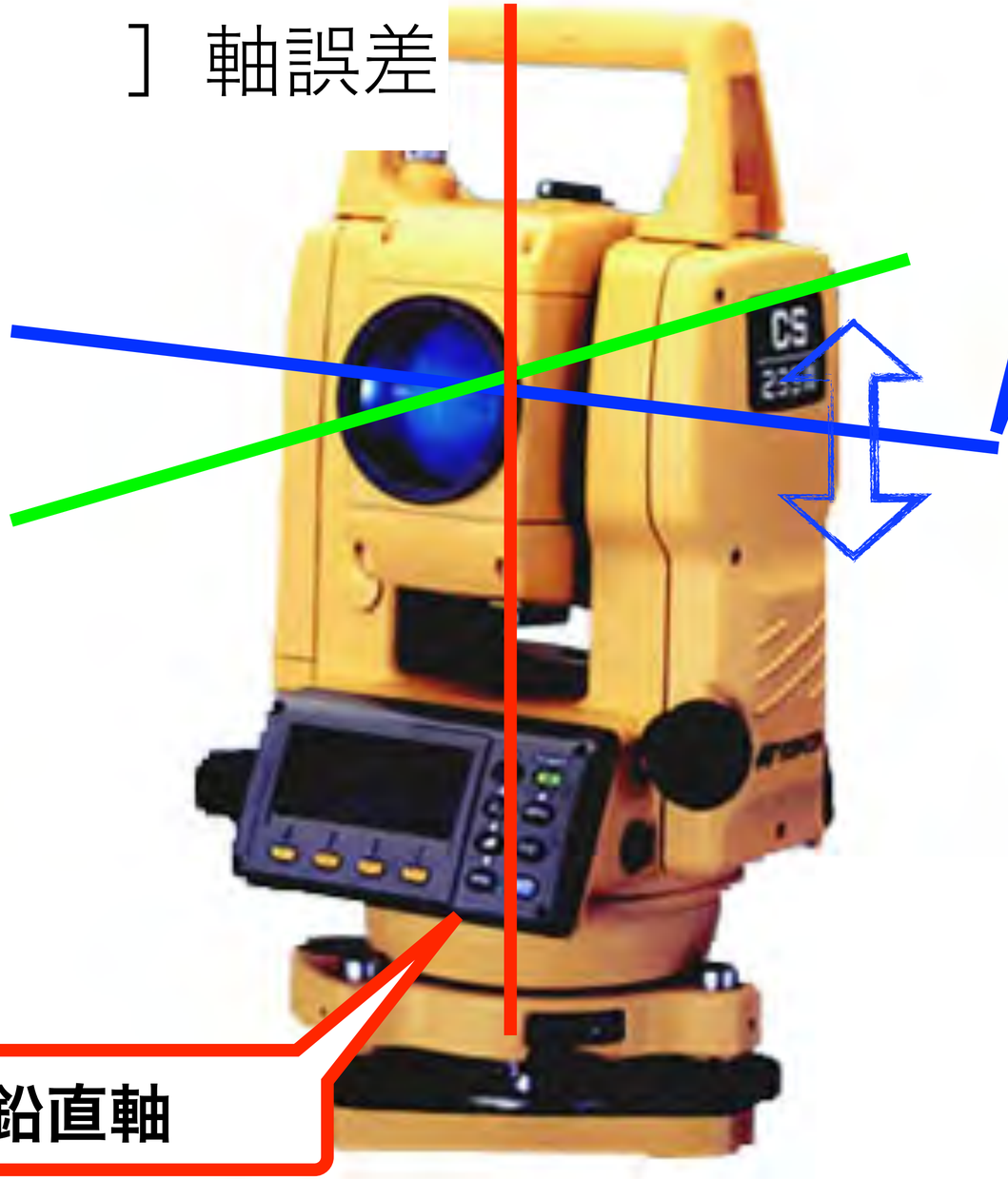


水平軸

視準軸が水平軸と直交して
いないために起きる誤差

視準軸

［　　］軸誤差



水平軸

水平軸が鉛直軸と
直交していない（水平でない）
ために起きる誤差

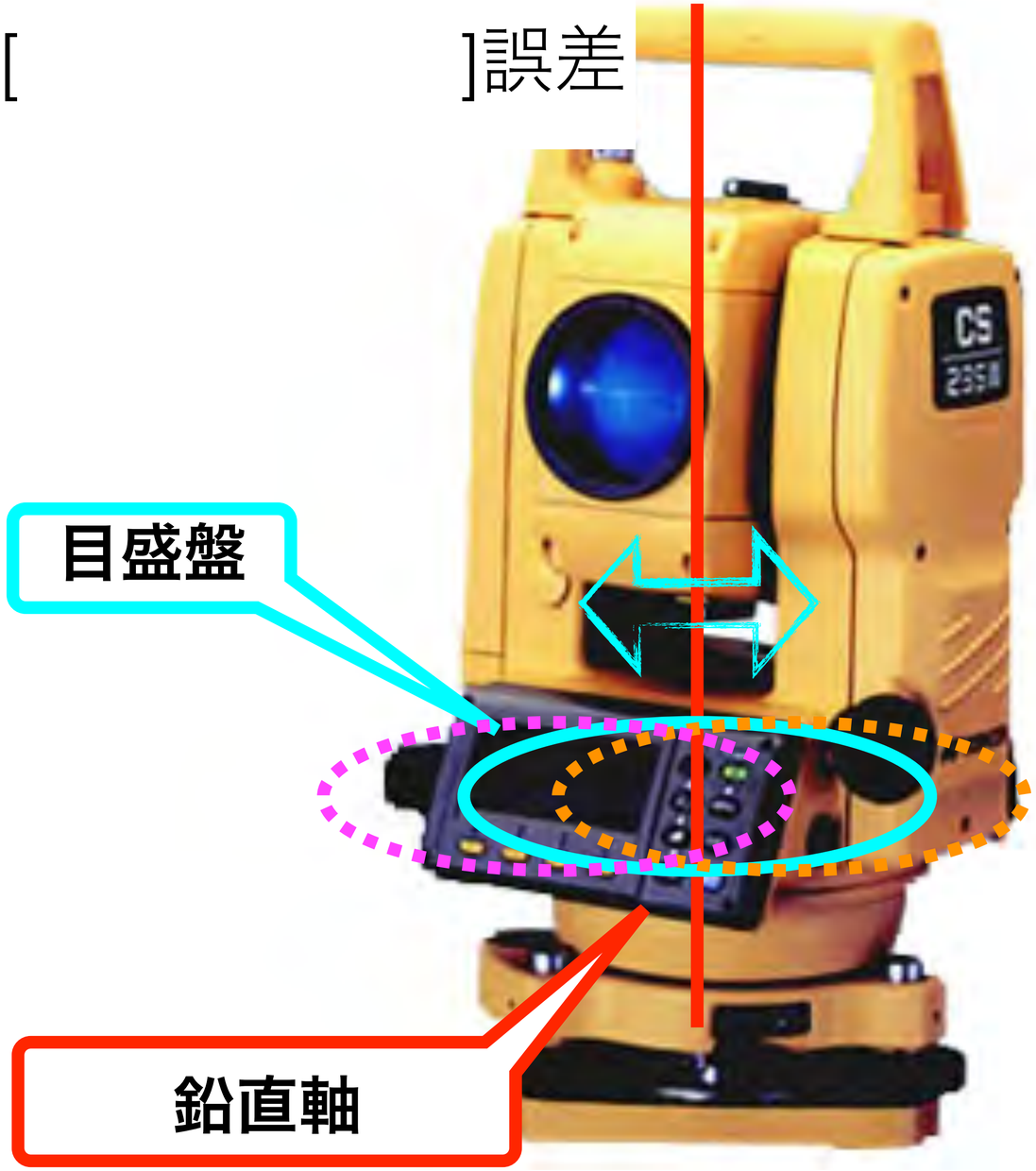
鉛直軸

[　　]軸誤差

鉛直軸

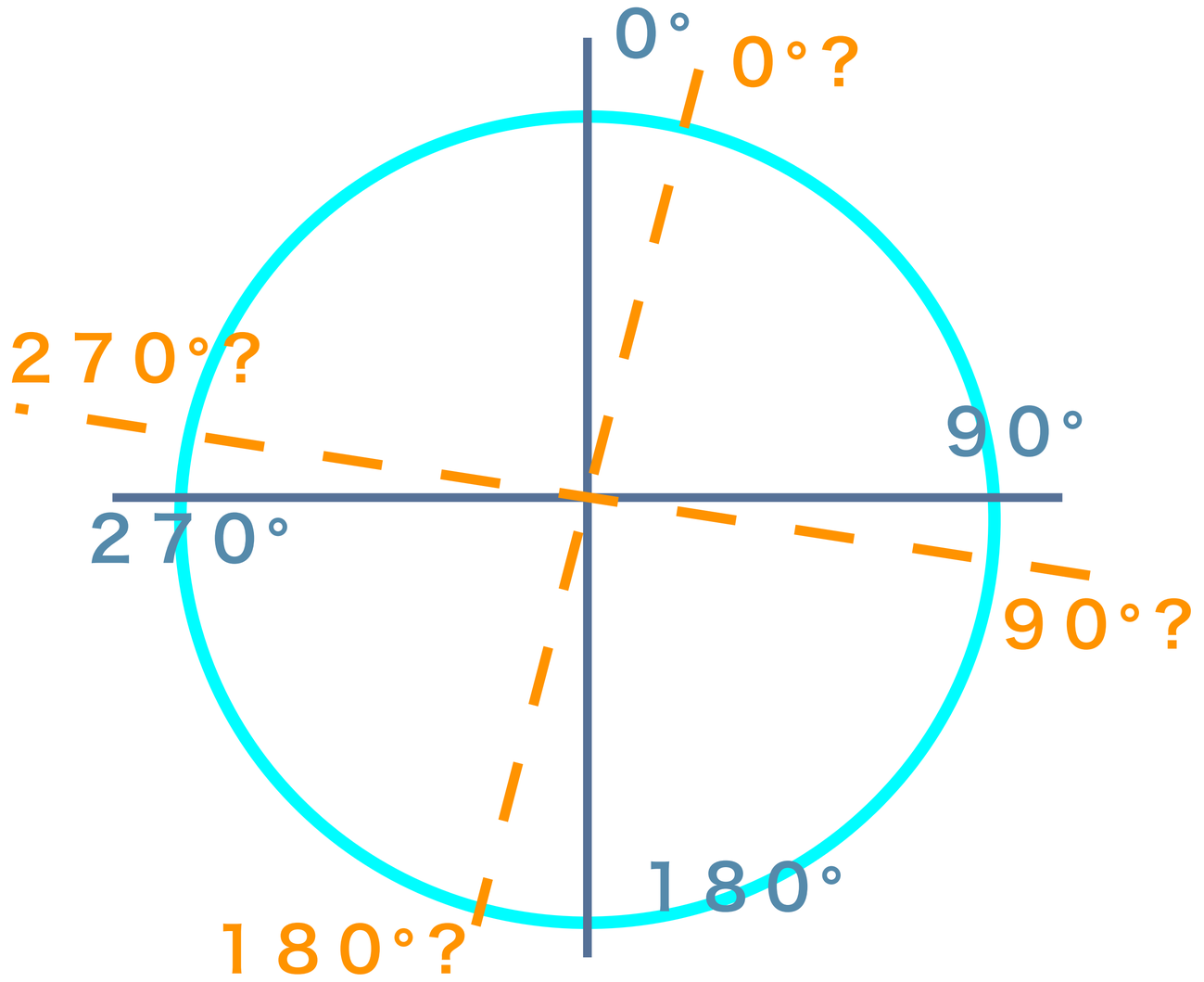
鉛直軸が鉛直でない
ために起きる誤差

[　　]誤差



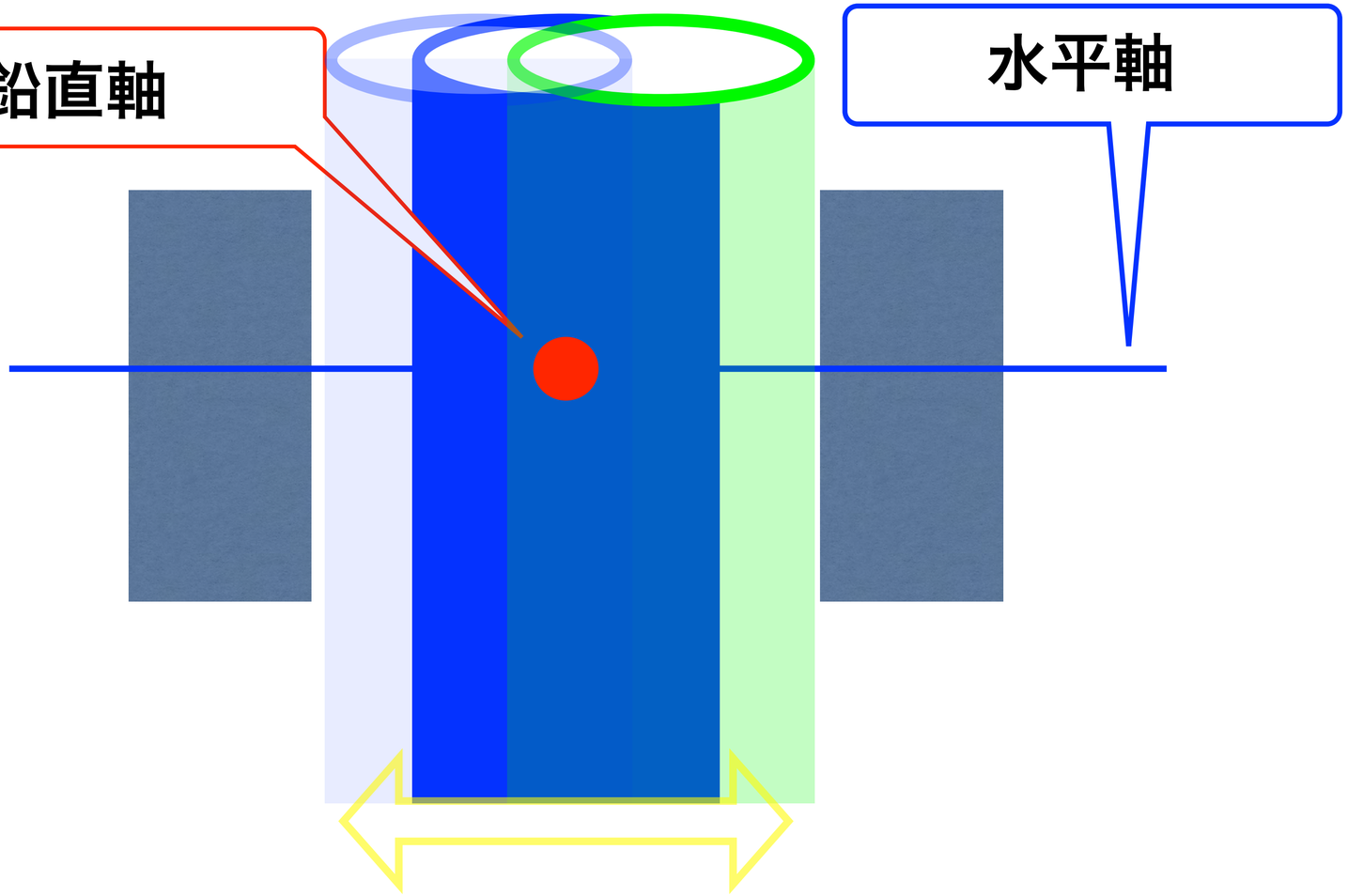
目盛盤中心が鉛直軸から
外れているために起きる誤差

目盛盤の目盛不正



目盛盤の目盛（角度）が正しく
ふられていないために起きる誤差

[　　]誤差



望遠鏡が鉛直軸と水平軸の
交点から外れている誤差

TSの器械的誤差　正反で消えるか一覧

まとめ

最低でも…　　ものを暗記

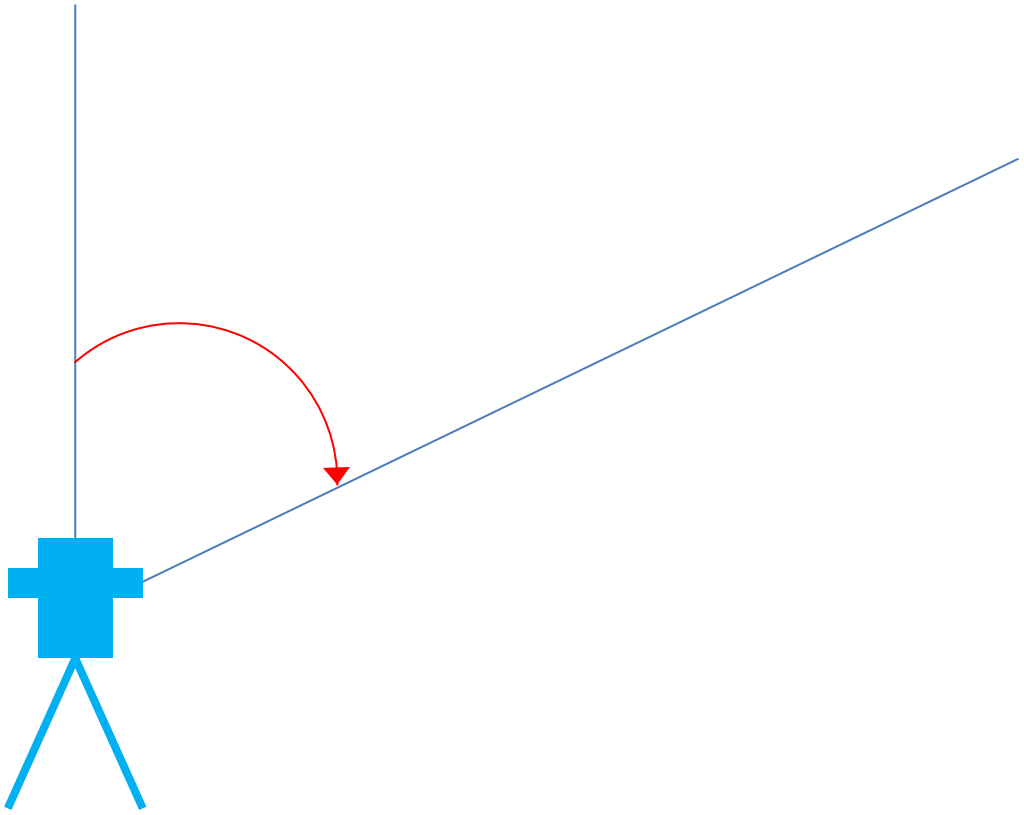
できれば…器械の仕組みと誤差を関連付けて覚える

基準点測量　3

鉛直角観測手簿計算

観測手簿とは？

セオドライトやTSで角度を観測し、誤差が許容範囲内か確認するための手簿。現在はTSで内部計算してしまうが、測量士補試験では出題される。



観測手簿の例

望遠鏡	名称	測標	鉛直角観測値
r	A		63°19′27″
l			296°40′35″
l	B		319°24′46″
r			40°35′12″

公式

鉛直（高低）角観測の結果は以下の式で求められます。

r:正の観測値

l:反の観測値

α:鉛直（高低）角

高度定数の較差

計算例

望遠鏡	名称	測標	鉛直角観測値
r	A		６３°１９′２７″
l			２９６°４０′３５″

r-l=2z

r:正の観測値

l:反の観測値

マイナスになるので３６０°たす

６３°１９′２７″-２９６°４０′３５″+３６０° =2z

=2z

z=

計算例

鉛直（高低）角観測の結果は以下の式で求められます。

$$\alpha = 90^\circ - z$$

α:鉛直（高低）角

z:６３°１９′２６

α=

α=

計算例

望遠鏡	名称	測標	鉛直角観測値
l	*B*		３１９°２４′４６″
r			４０°３５′１２″

$r-l=2z$

r:正の観測値　４０°３５′１２″

l:反の観測値　３１９°２４′４６″

マイナスになるので３６０°たす

４０°３５′１２″-３１９°２４′４６″+３６０°=2z

=2z

z=

計算例

鉛直（高低）角観測の結果は以下の式で求められます。

$$\alpha = 90^\circ - z$$

α:鉛直（高低）角

z:４０°３５’１３

α=

α=

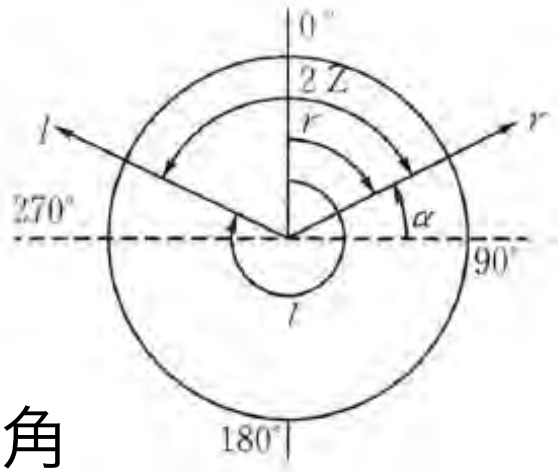
公式

鉛直（高低）角観測の結果は以下の式で求められます。

$$r-l=2z$$

r:正の観測値

l:反の観測値



$$\alpha=90^\circ-z$$

α:鉛直（高低）角

高度定数の較差

$$(r+l-360^\circ)-(r+l-360^\circ)$$

観測手簿の例

望遠鏡	名称	測標	鉛直角観測値
r	A		63°19′27″
l			296°40′35″
l	B		319°24′46″
r			40°35′12″

63°19′27″+296°40′35″-360°=2″

319°24′46″+40°35′12″-360°=(-2″)

2″と(-2″)の差なので高度定数の較差は４″

結果

望遠鏡	名称	測標	鉛直角観測値
r	A		６３°１９′２７″
l			２９６°４０′３５″
l	B		３１９°２４′４６″
r			４０°３５′１２″

A方向の高低角は２６°４０′３４″

B方向の高低角は４９°２４′２７″

高度定数の較差は４″

ポイント！

①公式をおぼえる。

②正-反（ｒ-ｌ）は間違いやすい。

③２回以上確かめ算をする。

問題に挑戦してみましょう！

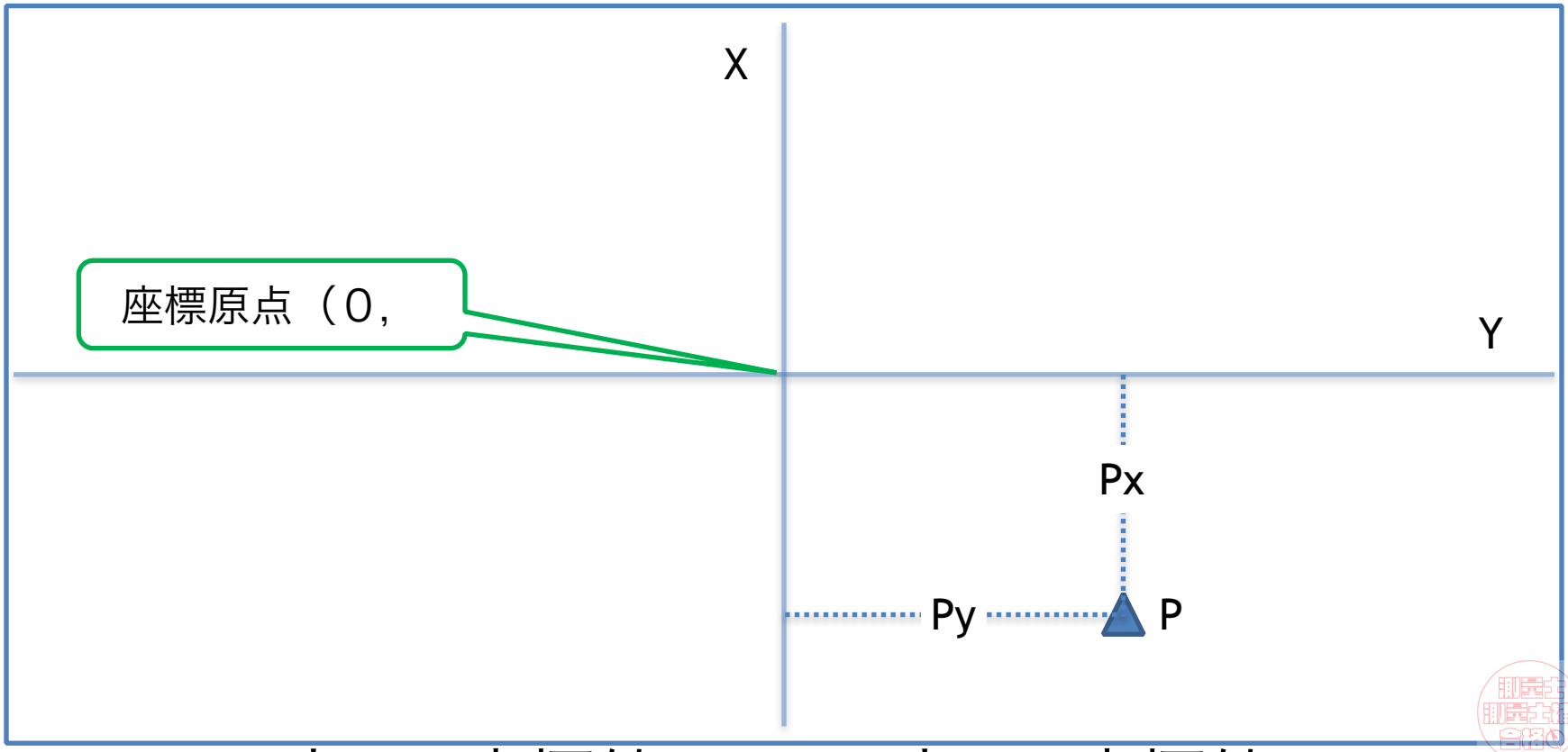
基準点測量　４

座標の計算

座標とは？

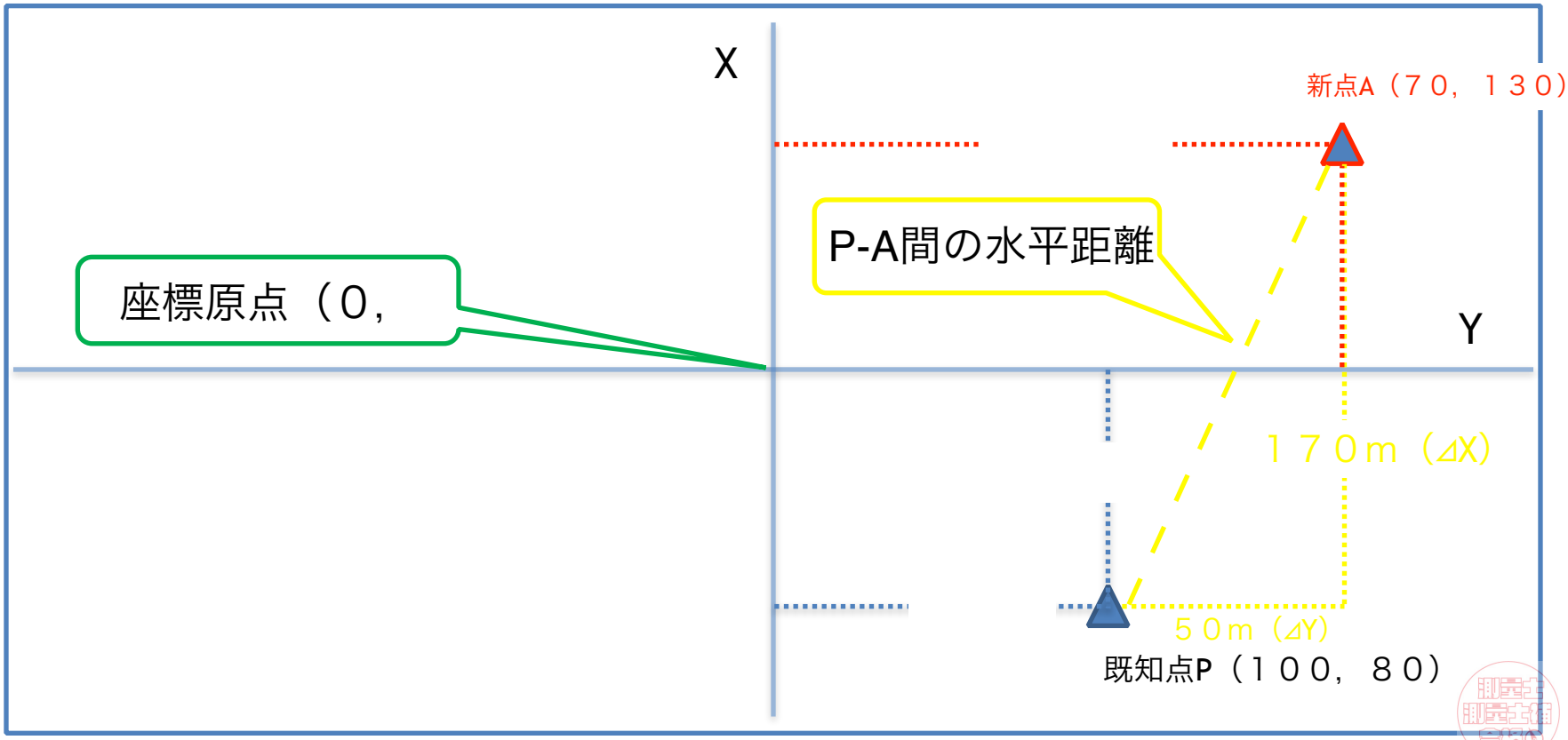
平面上の位置の表し方

（測量ではXとYが数学と逆なので注意！）

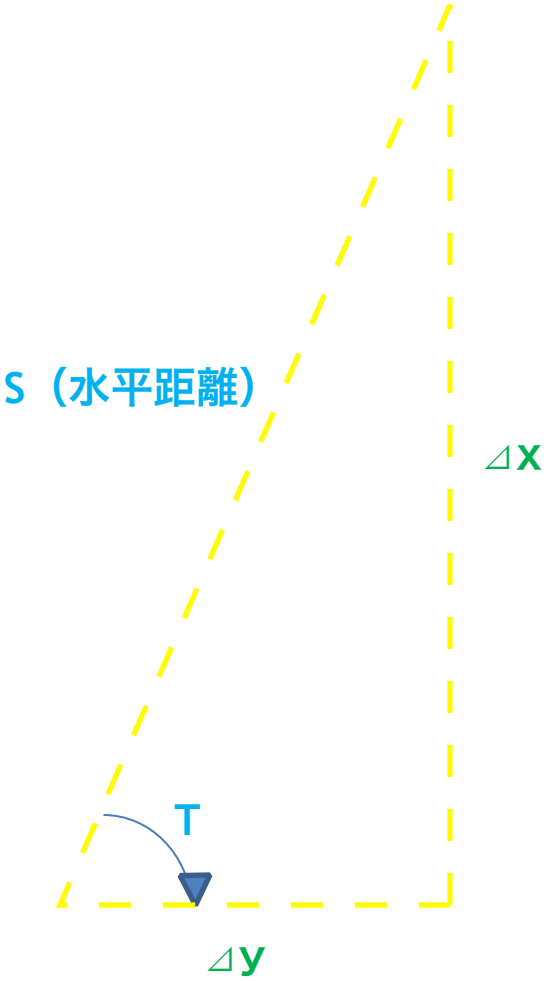


Px=P点のX座標値、Px=P点のX座標値

座標がわかっている点＝既知点（三角点・基準点ともいう）からの距離がわかれば新しい点の座標値がわかります。



三角関数を使うことが多いです。



斜辺に対して「縦はsin、横はcos」なので

$$\Delta x =$$

$$\Delta y =$$

座標の計算（例題）

平面直角座標上において点Pは点Aから方向角が３００°００′００″、平面距離が１５００ｍの位置にある。点PのX座標及びY座標値はいくらか？

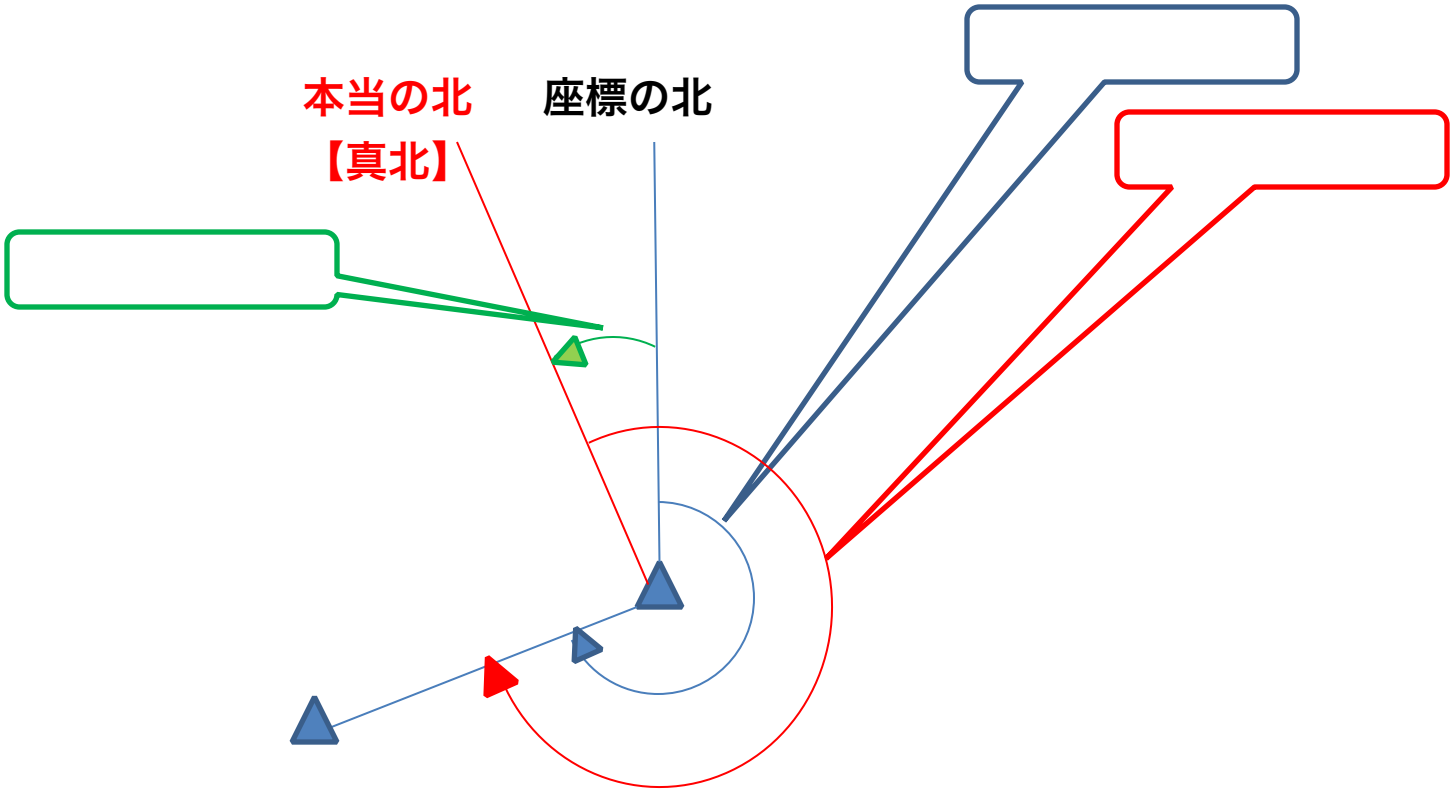
ただし、点Aの座標値はX=－５００．００ｍ、Y=１０００．００ｍとする。関数の数値が必要な場合は関数表の数値を使用すること。

方向角とは？

方**向**角＝座標の北からの角度のこと

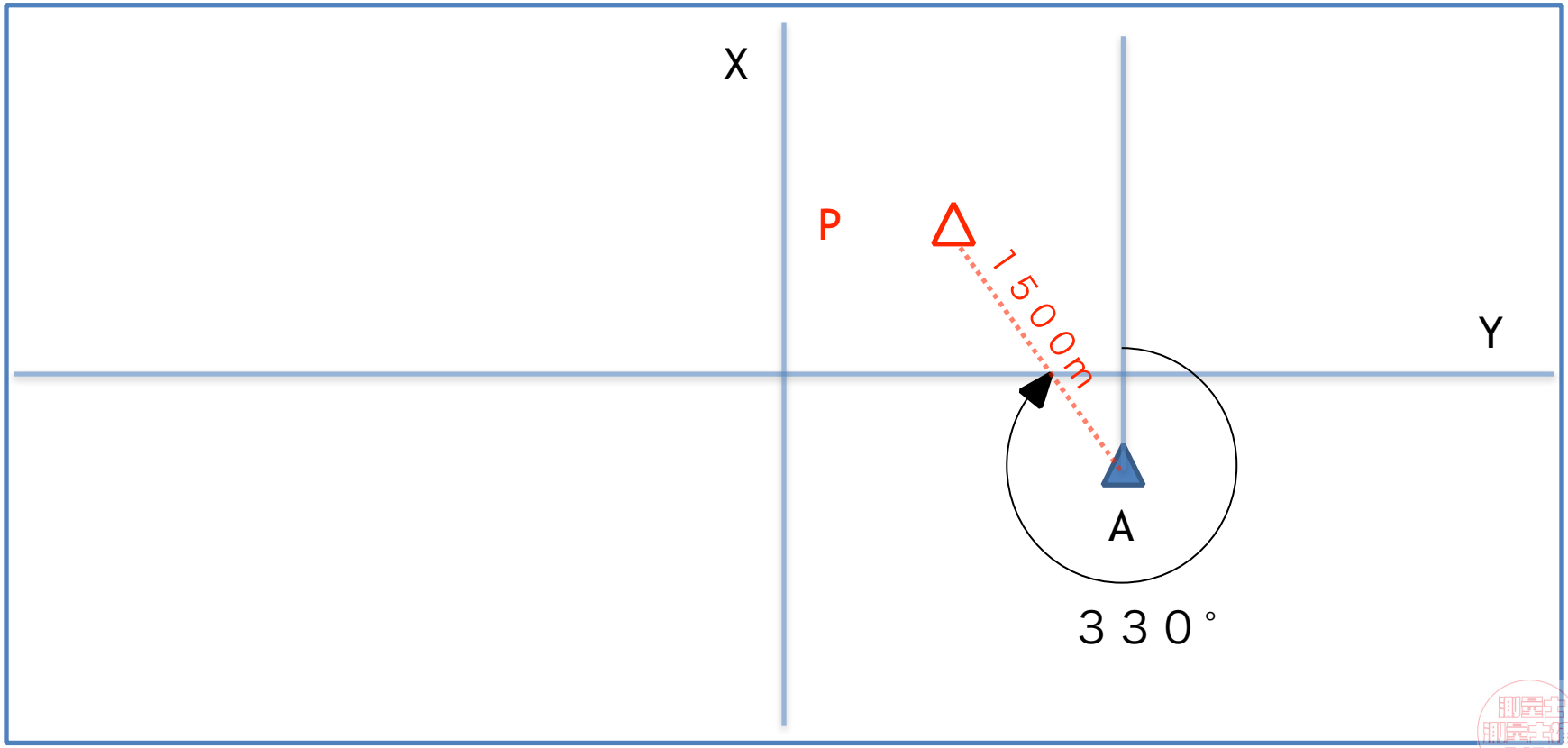
方**位**角＝真北からの角度のこと

真北方向角＝座標の北から真北までの角度のこと



座標の計算（例題）

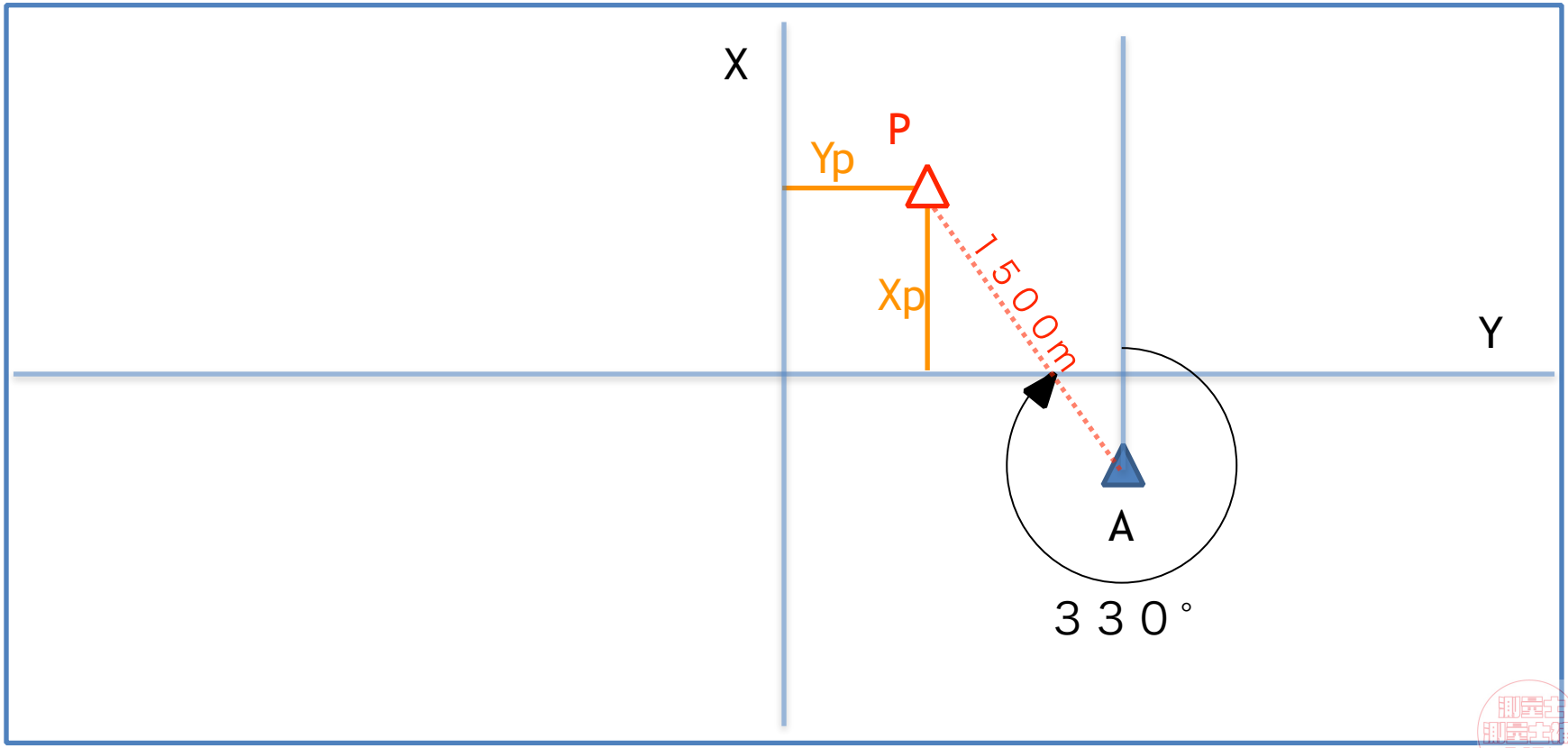
平面直角座標上において点Pは点Aから方向角が３３０°００′００″、平面距離が１５００ｍの位置にある。



座標の計算（例題）

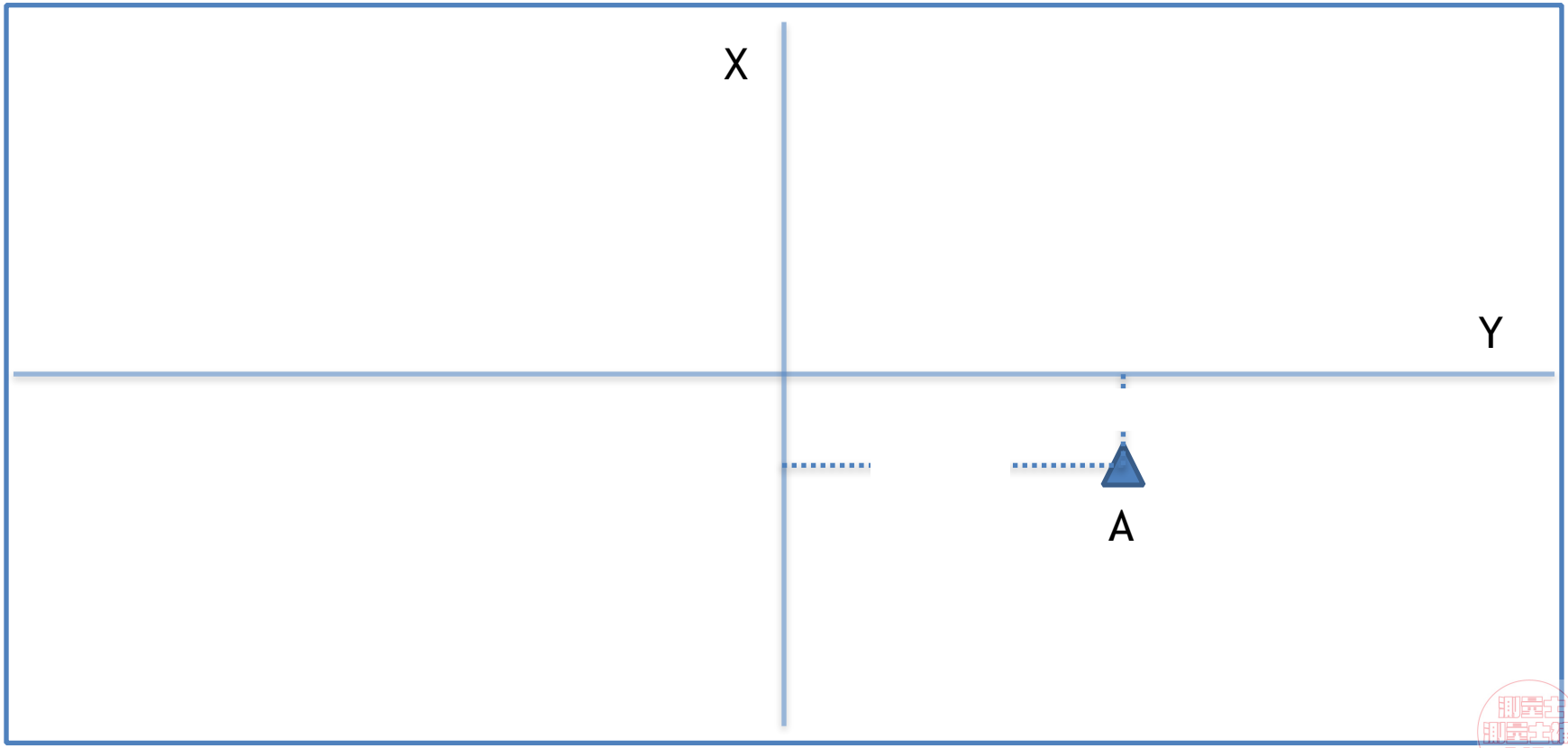
点PのX座標（Xp）及びY座標値（Yp）はいくらか？

（プラスマイナスはまだ不明）



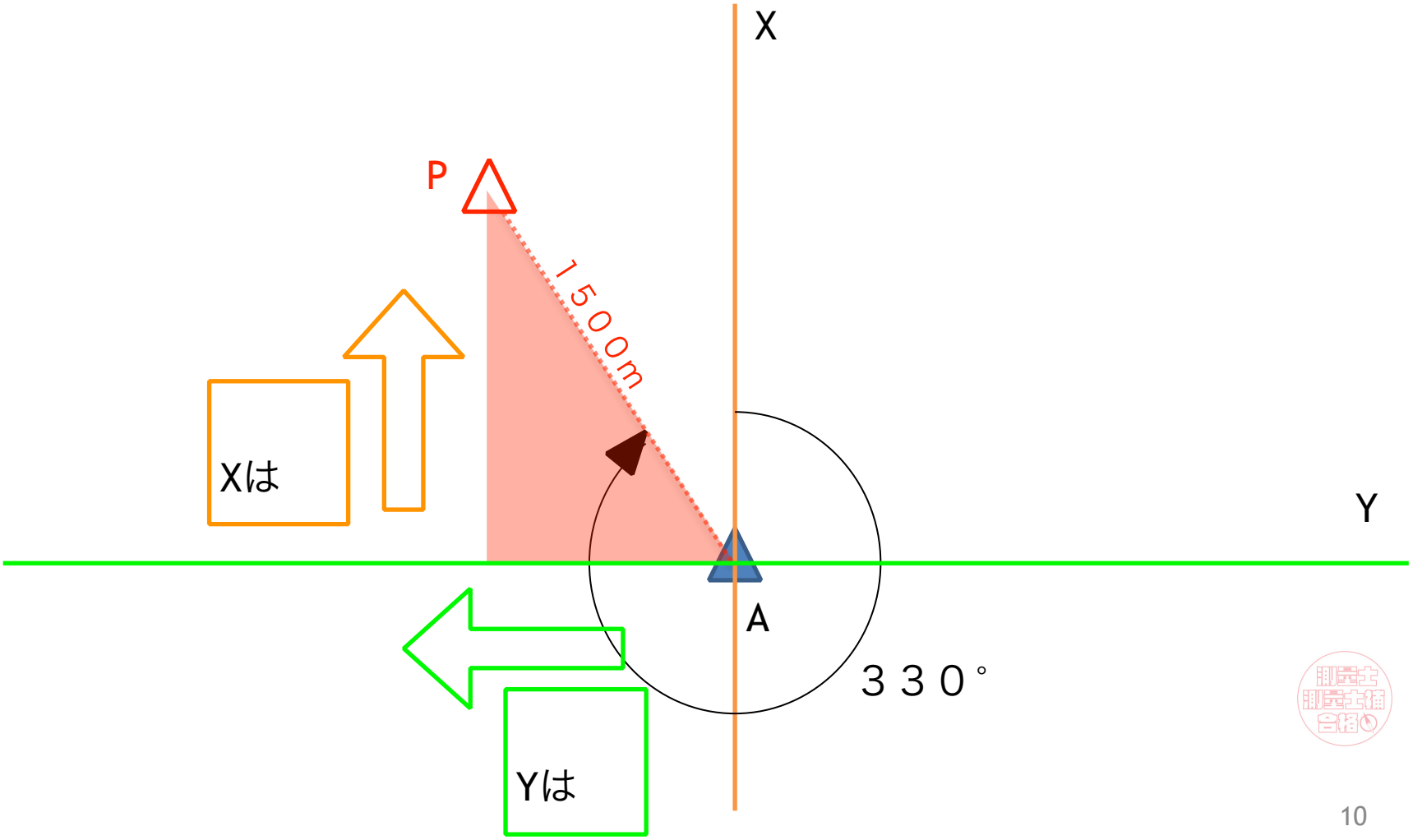
座標の計算（例題）

ただし、点Aの座標値はX=－５００．００m、Y=１０００．００mとする。



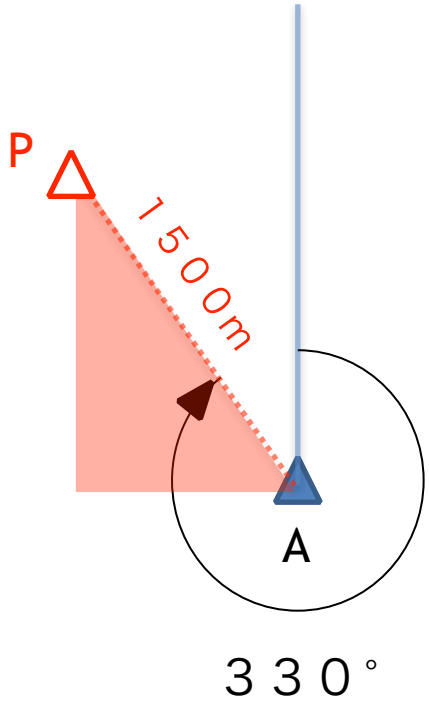
例題の解答１

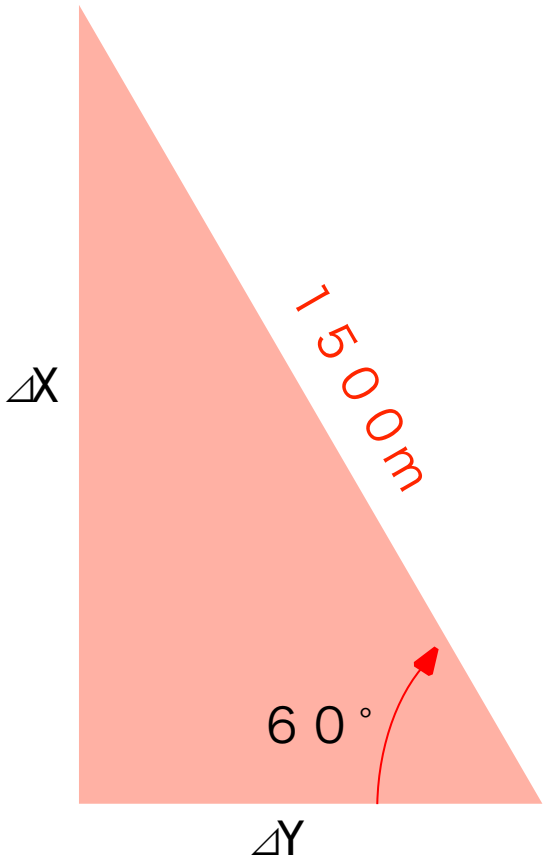
A点に対してP点がどの方向（X・Yの符号）にあるか考えておく。

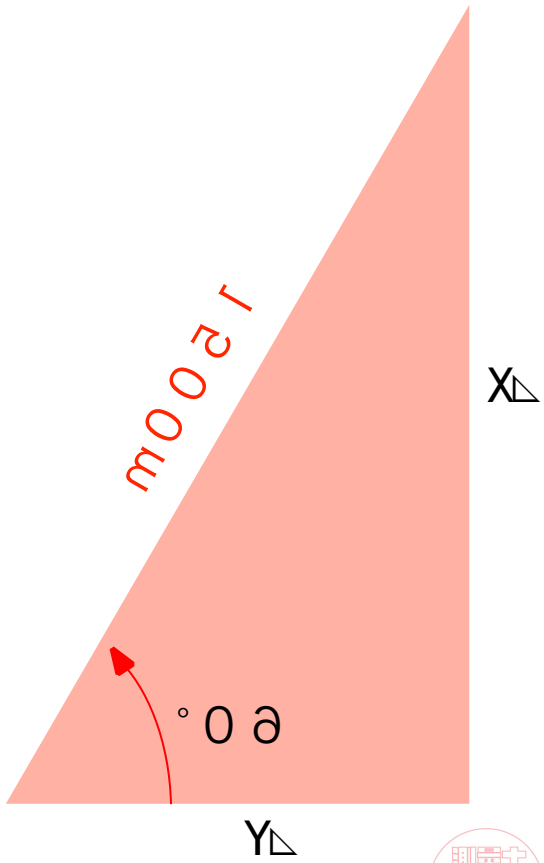


例題の解答２

二点間の位置関係を直角三角形で描く。

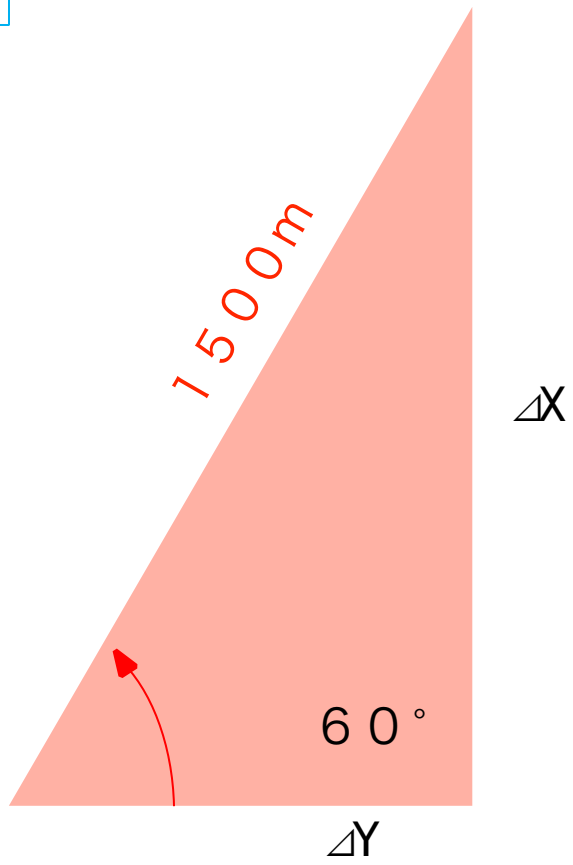






例題の解答３

X・Yの座標値を求める。



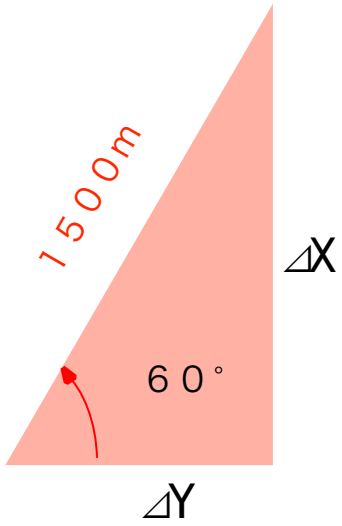
斜辺に対して「縦はsin、横はcos」なので

⊿x ＝

⊿y ＝

例題の解答４

Ｘ・Ｙの座標値を求める。



斜辺に対して「縦はsin、横はcos」なので

$\Delta x = S \cdot \sin T \quad \Delta y = S \cdot \cos T$

関数表より

$\sin 60° = 0.8660$

$\cos 30° = 0.500$

$\Delta x =$

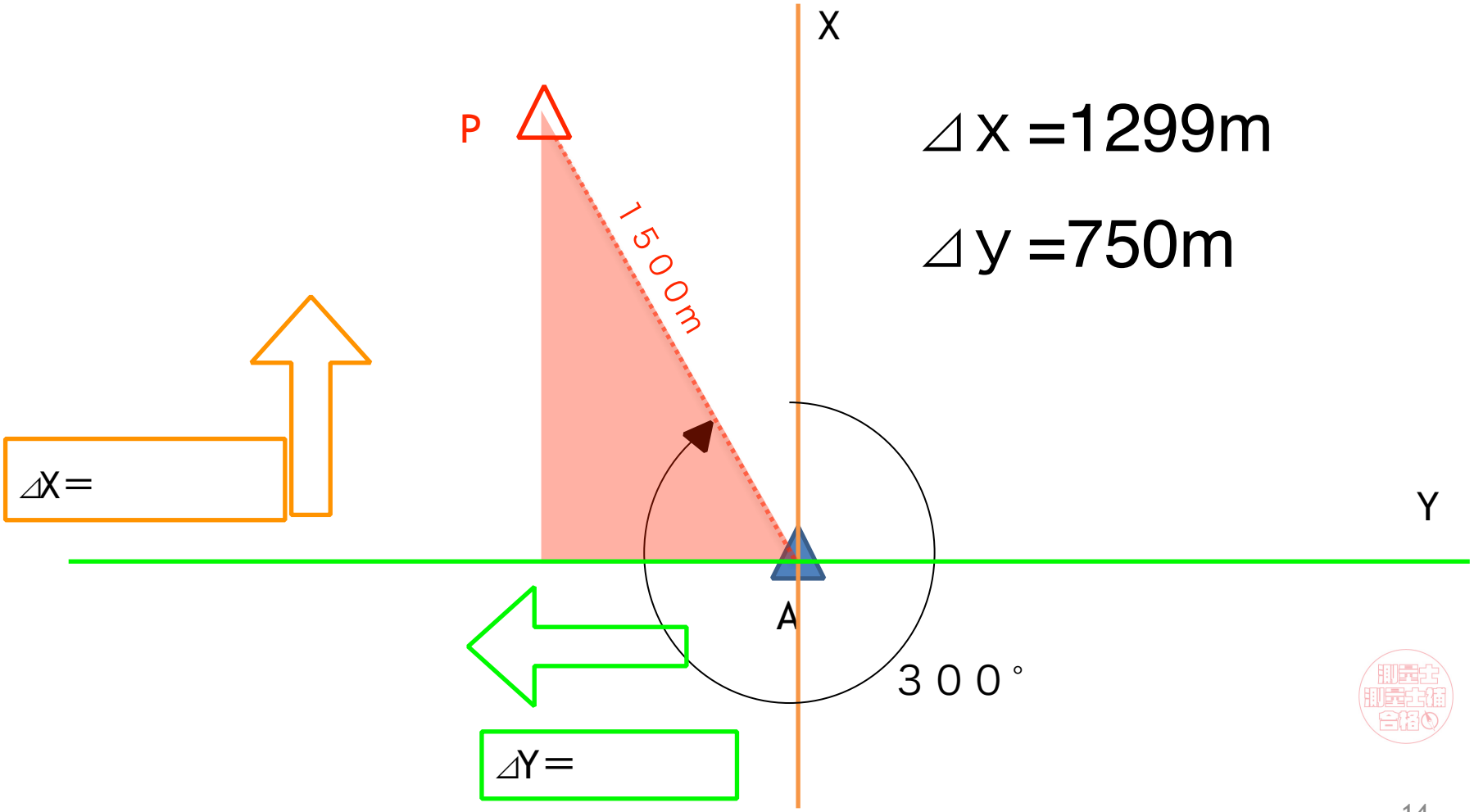
$\Delta y =$

$\Delta x =$

$\Delta y =$

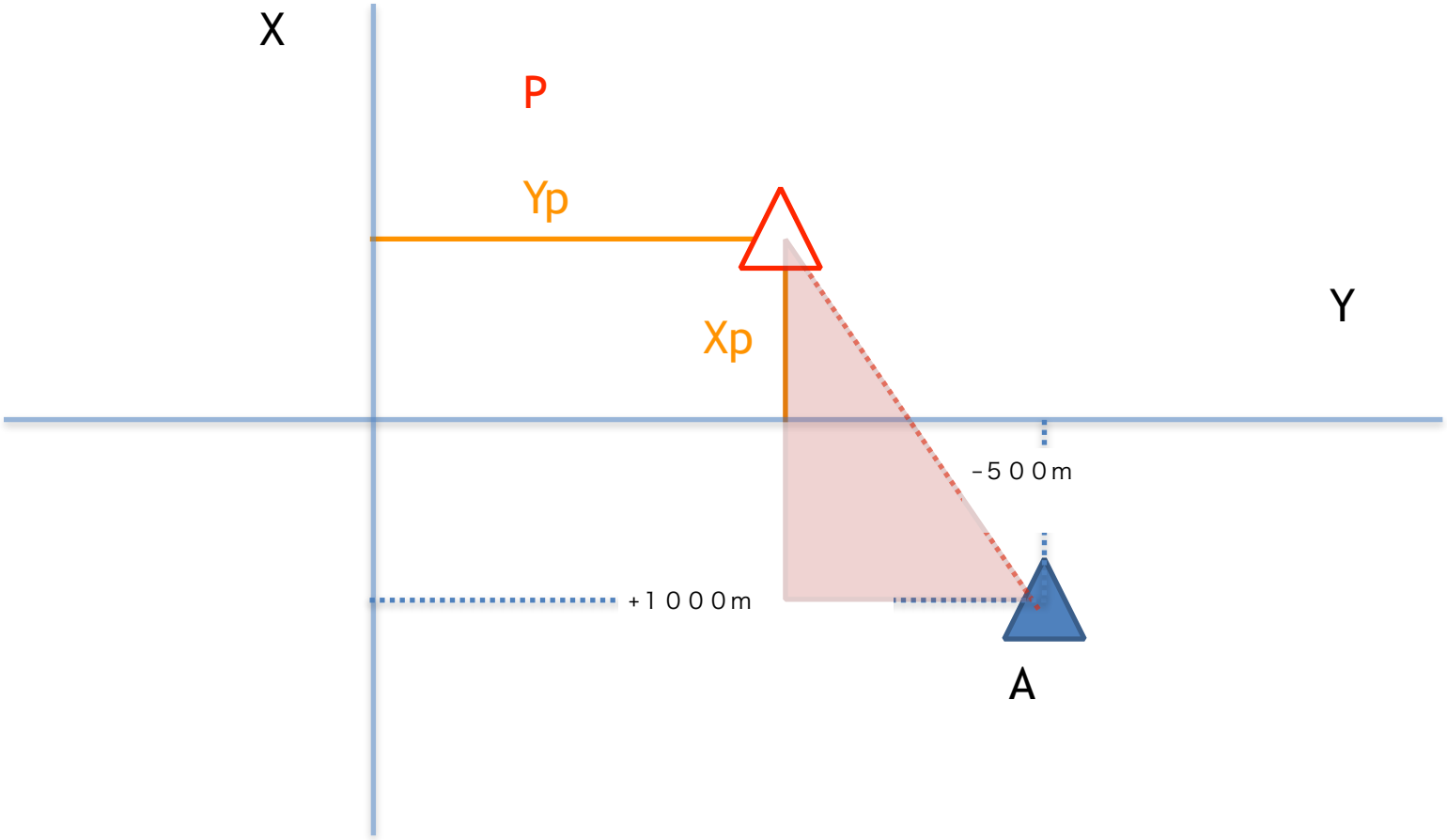
例題の解答５

⊿X・⊿Yの大きさがわかる



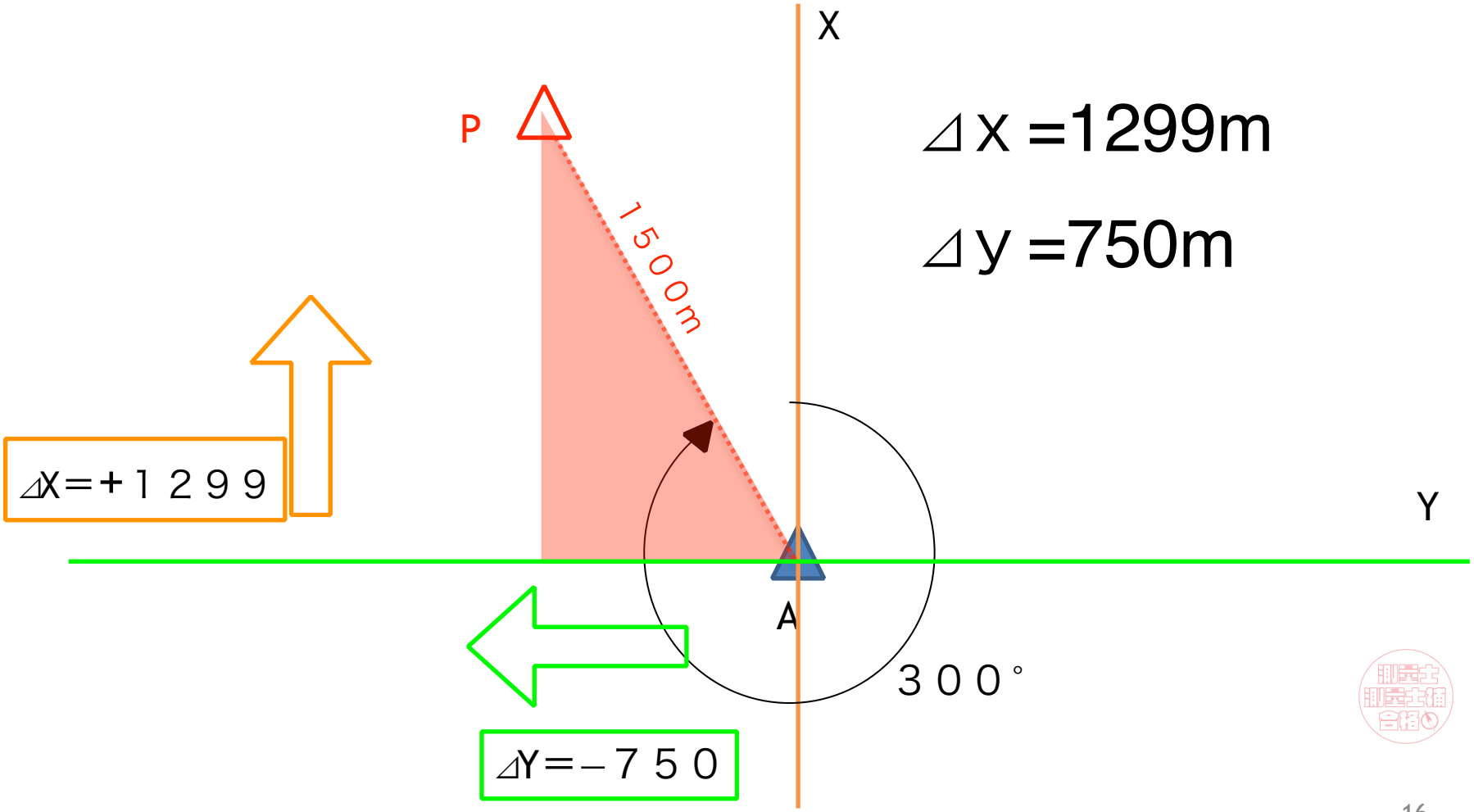
例題の解答６

点PのX座標及びY座標値はいくらか？（プラスマイナスはまだ不明）



例題の解答７

⊿X・⊿Yの大きさがわかる

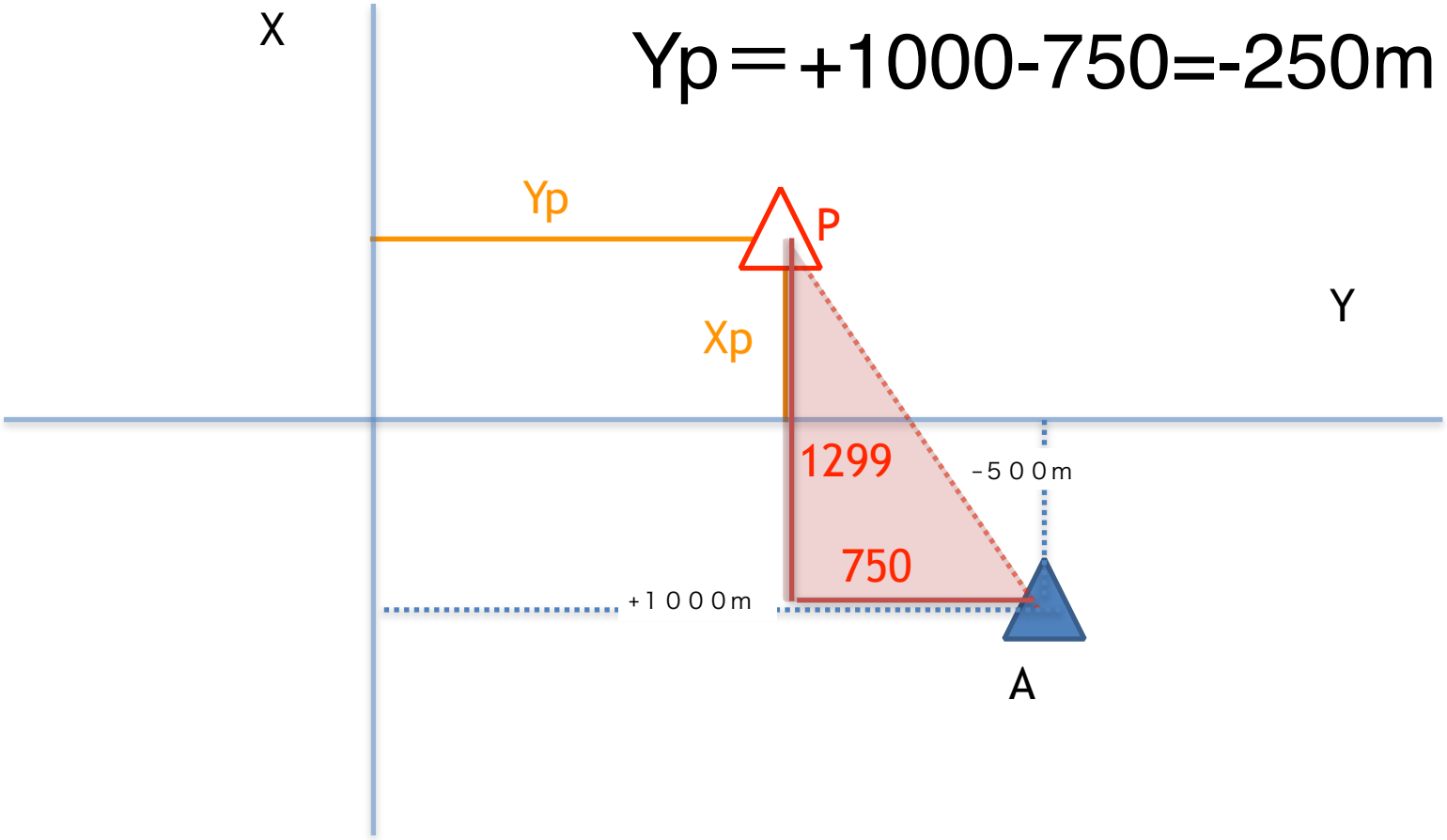


例題の解答８

点PのX座標及びY座標値はいくらか？（プラスマイナスはまだ不明）

Xp＝-500+1299= 799m

Yp＝+1000-750=-250m



まとめ

直角三角形を作る

↓

⊿X⊿Yの方向（符号）を確認

↓

三角関数で⊿X⊿Yを計算

↓

元の座標値に⊿X⊿Yを足し引き

基準点測量　5

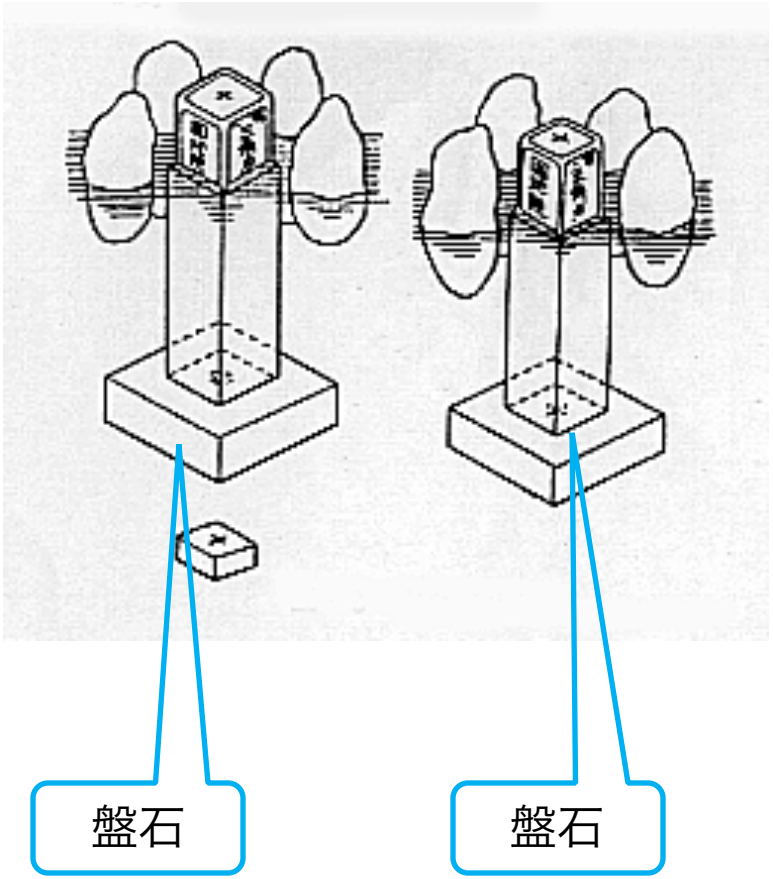
基準点成果表

基準点成果表とは？

されており、その基準点の等級や位置（座標値・標高）、近くの点との位置関係が示された表のこと。
基準点を新しく作るたびに必ず作成する。
基準点ごとに作成する書類にはこの他に　　や精度管理票、基準点設置位置通知書などがある。

※　　：標石の位置を図面等で示したもの
※　　：どのくらいの精度で測量したかを記録した表
※　　：新しい測量標（基準点の目印）の種類や場所を知事に通知するための書類

測量標とは？



測量標は基準点を示す印です。

実は本体は盤石で、地上部分は目安に過ぎません。

測量士補受験では　　と思ってよいでしょう。

点の記

情報

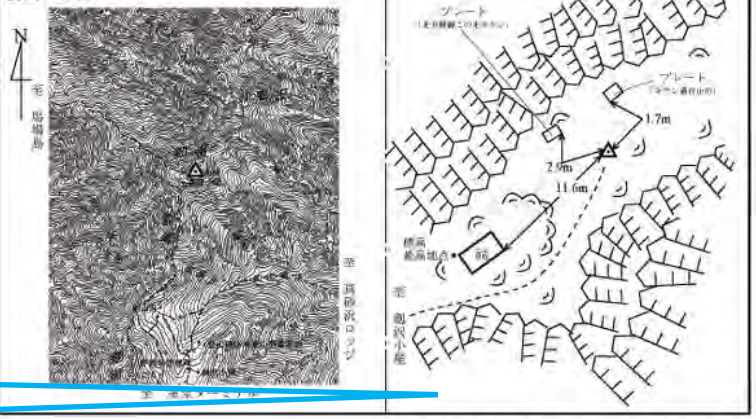
映画の主人公

現地の見取り図

三等三角点の記　資料－1

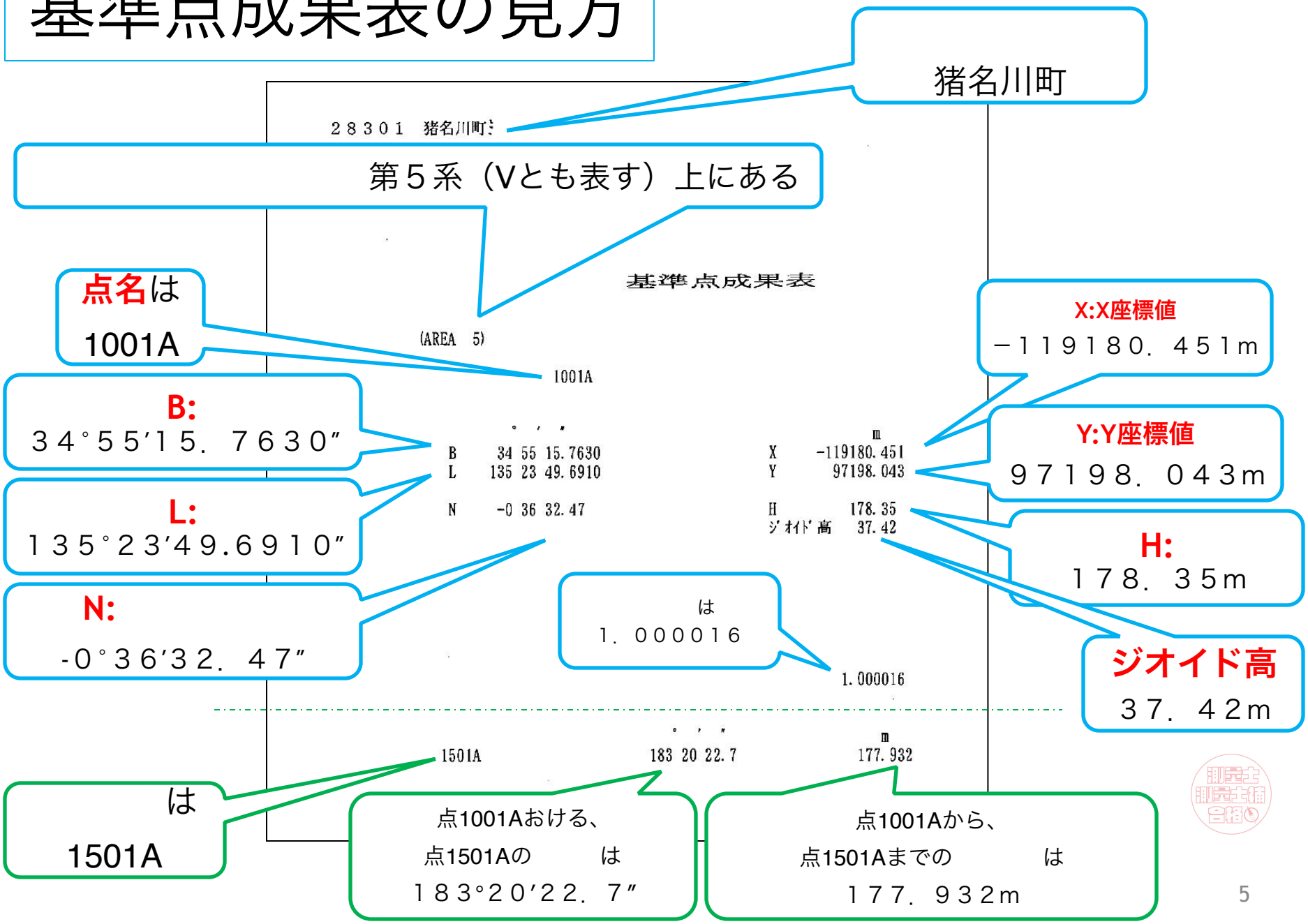
			基準点ｺｰﾄﾞ	５４３７－７４－４９０１
ふりがな 点名	つるぎだけ 剱岳	1/20万図名 高山	1/5万図名 立山	三角測量原簿（部号） 第５３７部
冠字選点番号	景 第２７号	設置区分	地上（保護石０個）	
標識番号	標石 第――――号		柱石長	０．７９m
所在地	富山県中新川郡立山町芦峅寺 ブナ坂外１１国有林１２４イ林小班			
			地目	山林
所有者	農林水産省 （管理者）富山森林管理署			
選点	明治４０年 ７月１３日	選点者	柴崎 芳太郎	
設置	平成１６年 ８月２４日	設置者	伊藤 純一	
観測	平成１６年 ８月２５日	観測者	山中 雅之	
自動車到達地点	室堂ターミナル			
歩道状況	登山道			
徒歩時間（距離）	８時間（約７km）：剱沢小屋より約４時間３０分（約３km）			
三角点周囲の状況	剱岳山頂			
履歴（１）	――――			
履歴（２）	――――			
備考	平成１６年 ８月２４日 新設 GPS測量 立山有料道路（立山駅～室堂ターミナル）は一般車両通行不可		アンテナ高 ☑本点 ☐偏心点	m 1.408

要図 1/5万



平成１６年９月７日 調製　国土地理院

基準点成果表の見方



点名は
1001A

B:
３４°５５′１５．７６３０″

L:
１３５°２３′４９.６９１０″

N:
-０°３６′３２．４７″

X:X座標値
－１１９１８０．４５１m

Y:Y座標値
９７１９８．０４３m

H:
１７８．３５m

ジオイド高
３７．４２m

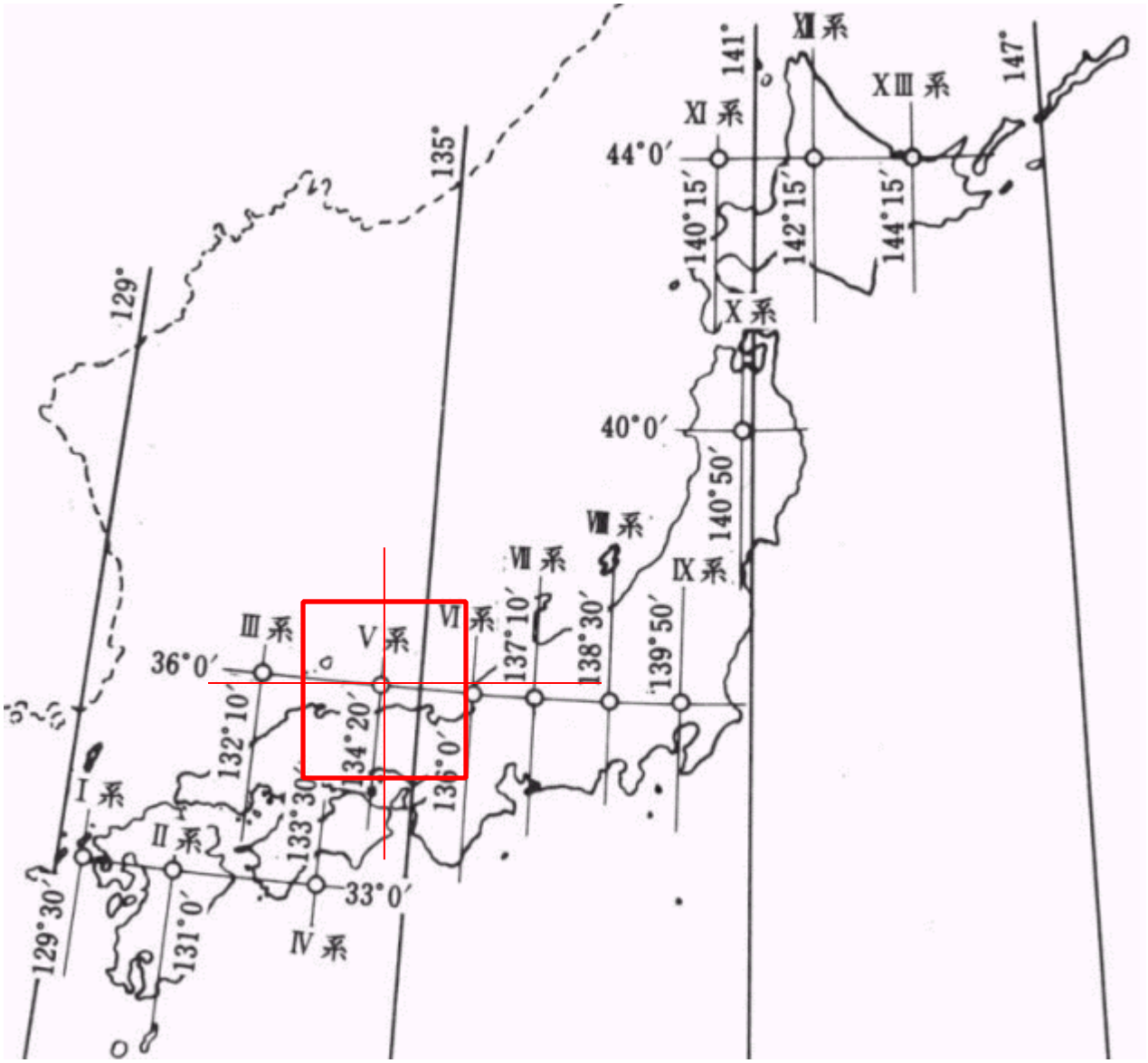
は
１．０００１６

は
1501A

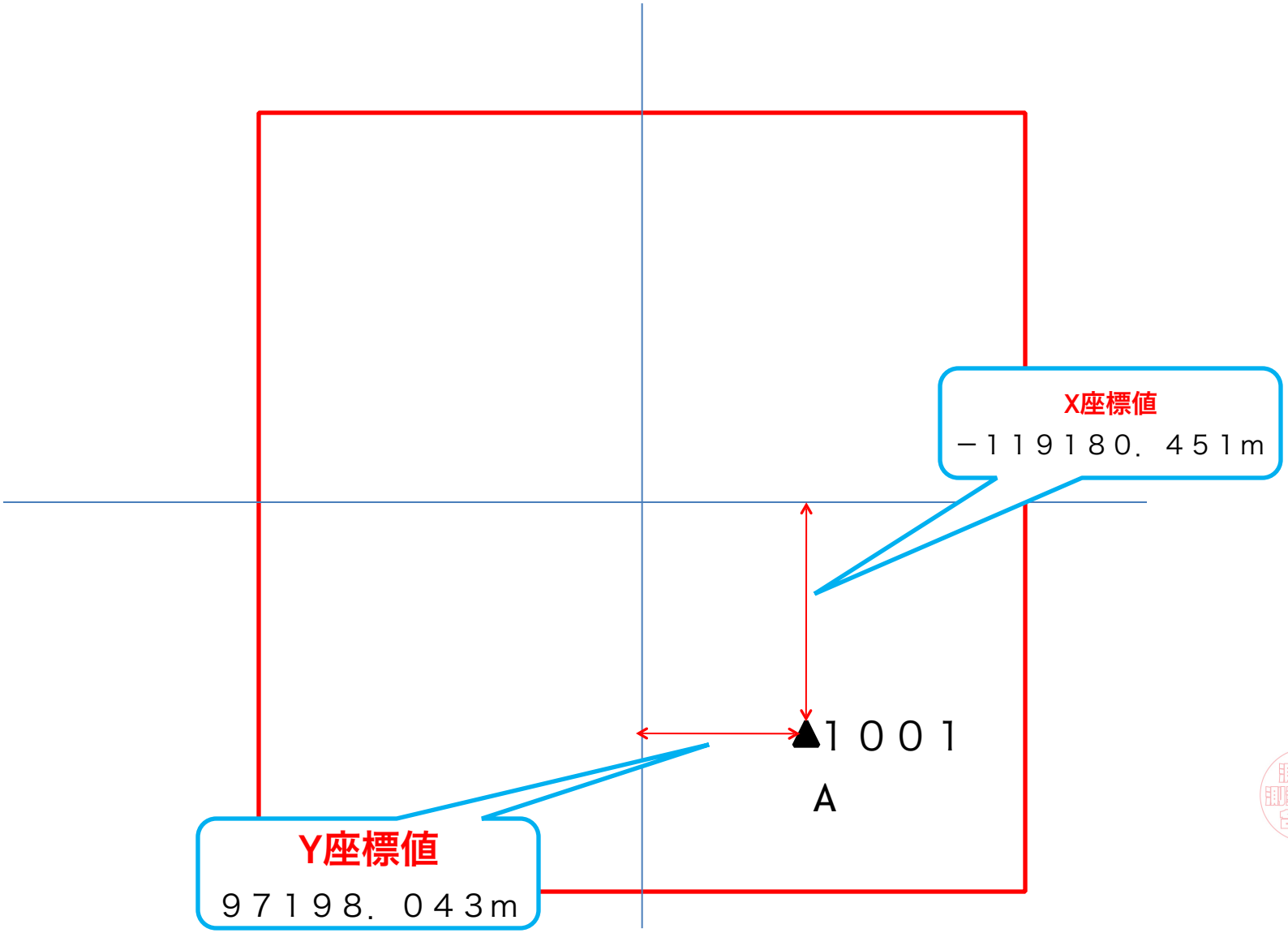
点1001Aおける、
点1501Aの　　は
１８３°２０′２２．７″

点1001Aから、
点1501Aまでの　　は
１７７．９３２m

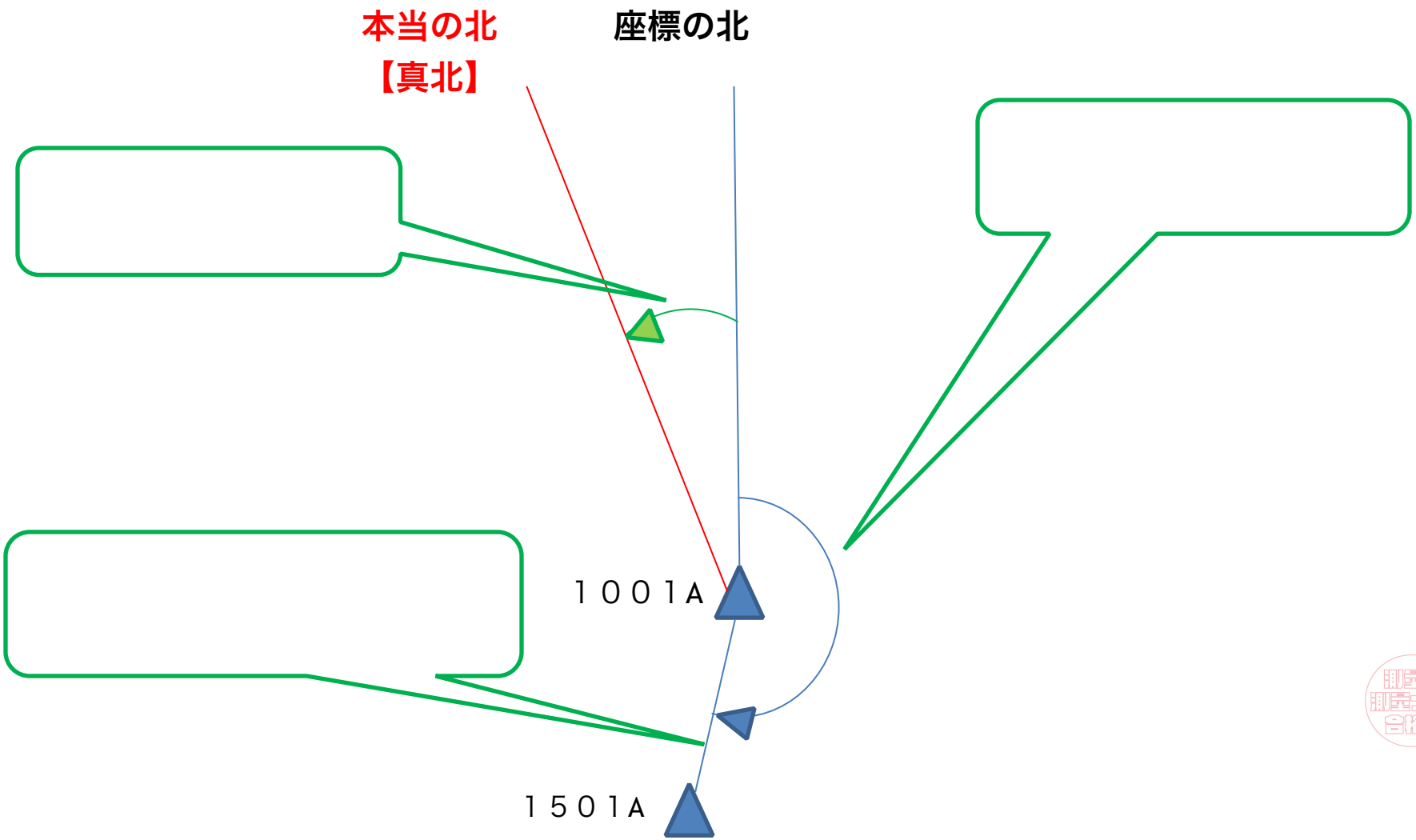
AREA（平面直角座標）


I 系
II 系
III 系
IV 系
V 系
VI 系
VII 系
VIII 系
IX 系
X 系
XI 系
XII 系
XIII 系
129°30′
129°
131°0′
132°10′
133°30′
134°20′
135°
136°0′
137°10′
138°30′
139°50′
140°15′
140°50′
141°
142°15′
144°15′
147°
33°0′
36°0′
40°0′
44°0′

点１００１Aの位置



点１００１Aと点１５０１Aの関係

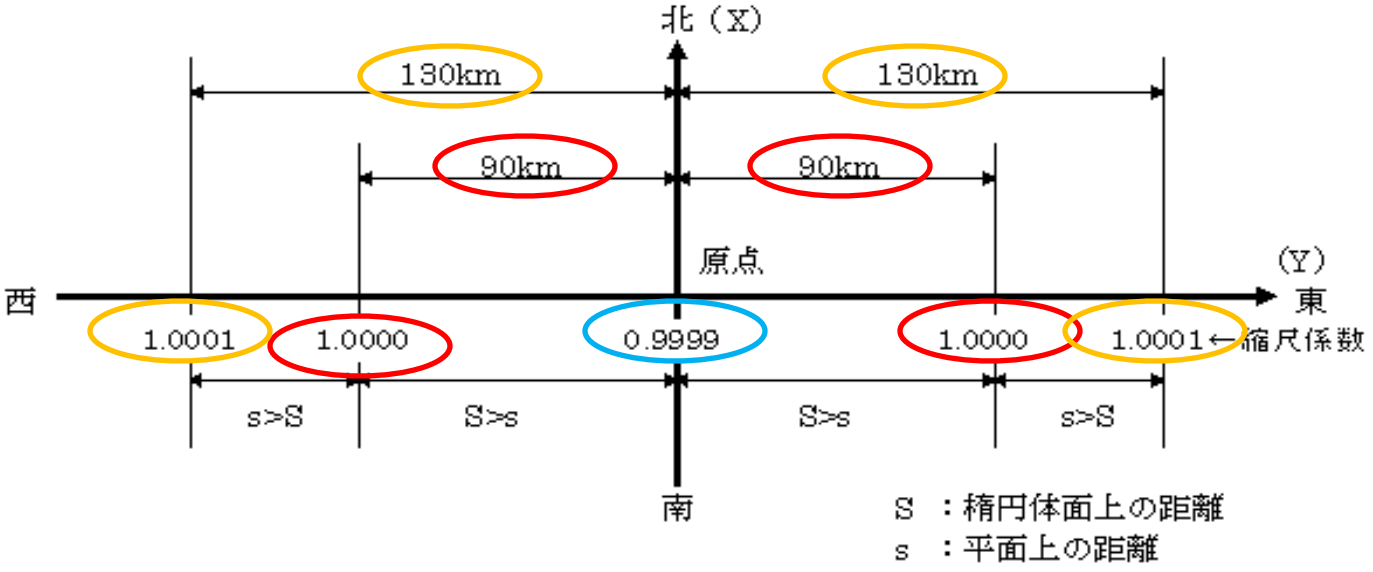


縮尺係数

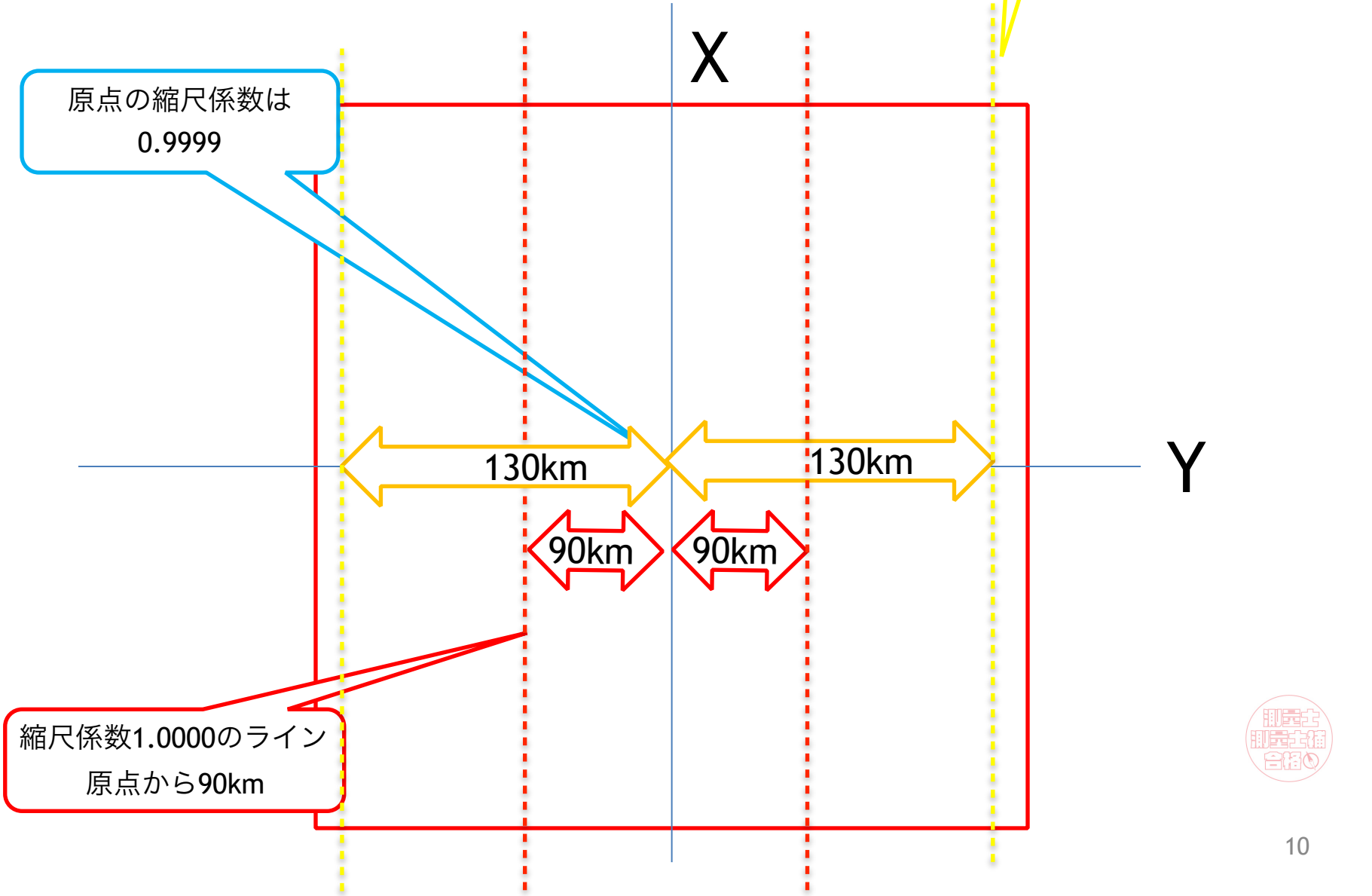
縮尺係数とは、曲面（楕円体・地球）を平面（紙・地図）で表した時の歪みのこと。

１以下の場合は実物よりも小さく、

１以上の場合は実物より大きく投影されます。



イメージ


縮尺係数1.0001のライン
原点から130km
原点の縮尺係数は
0.9999
X
Y
130km
130km
90km
90km
縮尺係数1.0000のライン
原点から90km

基準点成果表の読み取り（例題）

	測地成果2000
基準点コード	*1549-54-4564*
地形図名	菊池
種別	四等三角点
冠字番号	尽１４
点名	横平
緯度	*32°57′35″.0932*
経度	*139°49′43″.4036*
標高	*128.02*m
座標系	*2*系
X	「ア」*4450.632*m
Y	「イ」*16012.038*m
縮尺係数	「ウ」
ジオイド高	*32.08*m

表は、インターネットを利用して国土地理院のホームページで閲覧できる三角点・多角点表示情報の抜粋である。「ア」および「イ」に入れるべき符号は何か？

また、「ウ」の縮尺係数は①②のどちらかか？

①0.999903

②1.000003

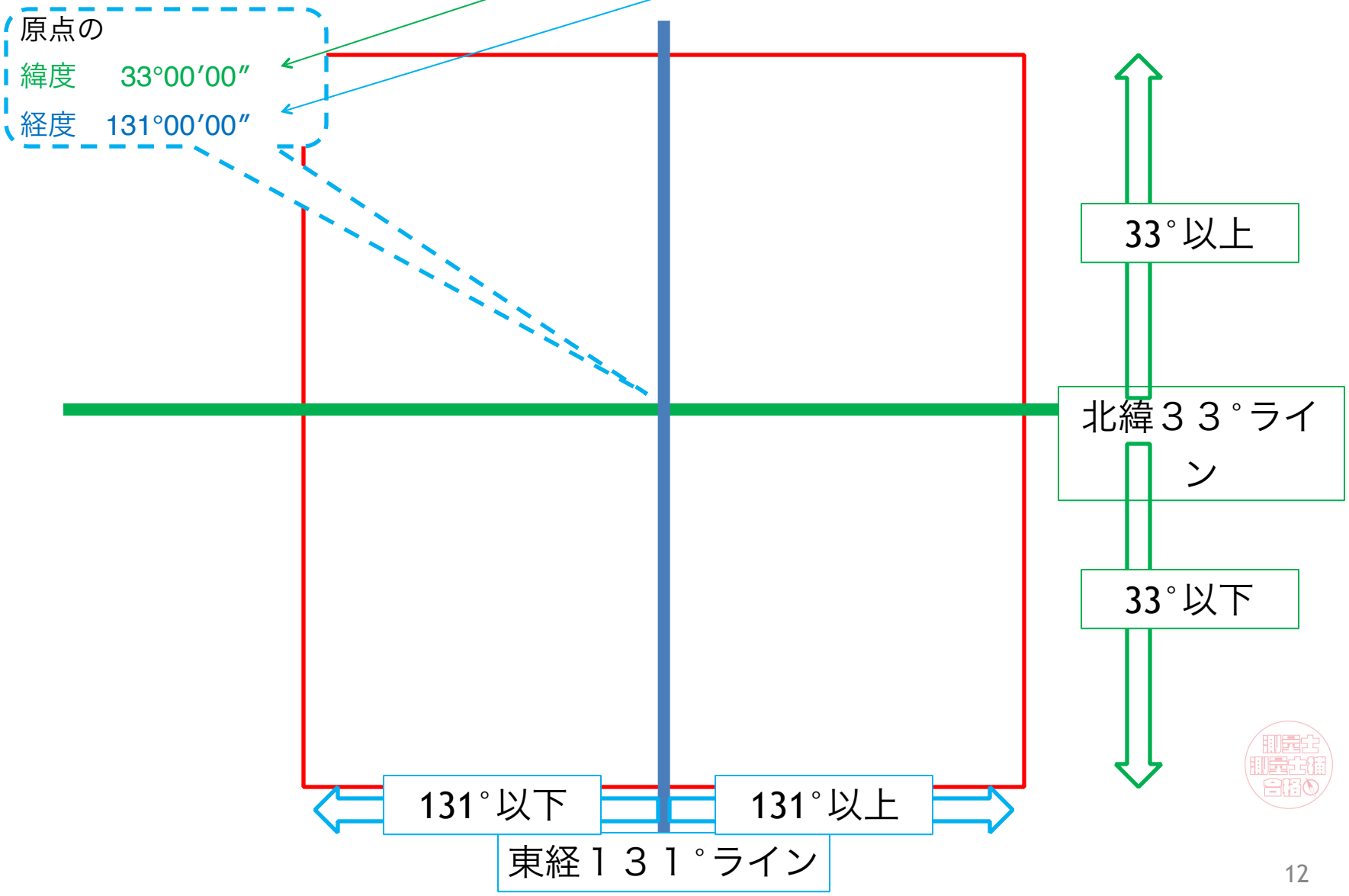
ただし、平面直角座標2系の原点座標値は以下のとおりである。

緯度　33°00′00″

経度　131°00′00″

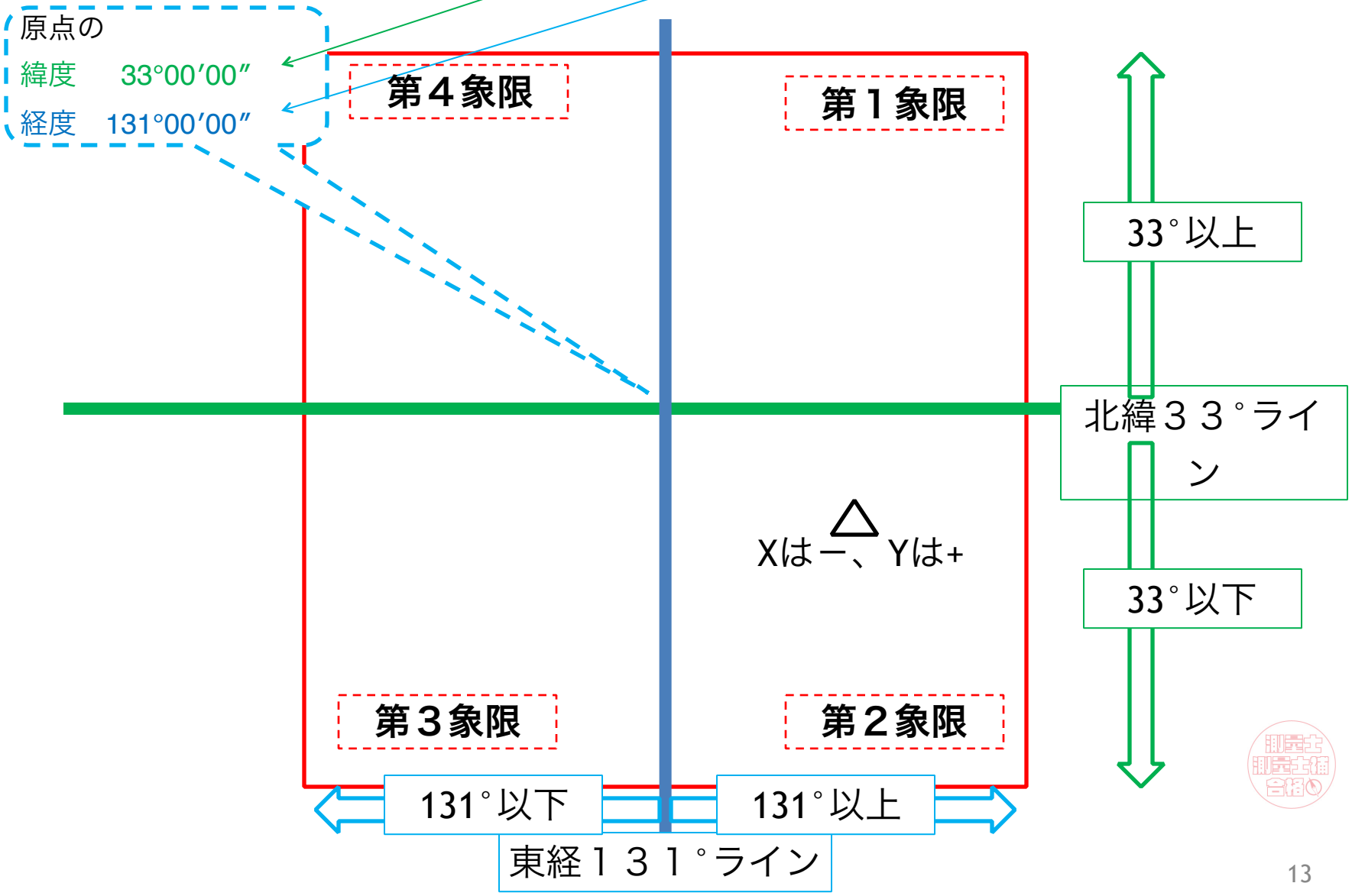
例題の解答１

緯度	32°57′35″.0932
経度	139°49′43″.4036



例題の解答２

緯度	32°57′35″.0932
経度	139°49′43″.4036



例題の解答３

	測地成果2000
基準点コード	*1549-54-4564*
地形図名	菊池
種別	四等三角点
冠字番号	尽１４
点名	横平
緯度	*32°57′35″.0932*
経度	*139°49′43″.4036*
標高	*128.02*m
座標系	*2*系
X	－*4450.632*m
Y	＋*16012.038*m
縮尺係数	「ウ」
ジオイド高	*32.08*m

表は、インターネットを利用して国土地理院のホームページで閲覧できる三角点・多角点表示情報の抜粋である。「ア」および「イ」に入れるべき符号は何か？
また、「ウ」の縮尺係数は①②のどちらか？

①0.999903

②1.000003

ただし、平面直角座標2系の原点座標値は以下のとおりである。

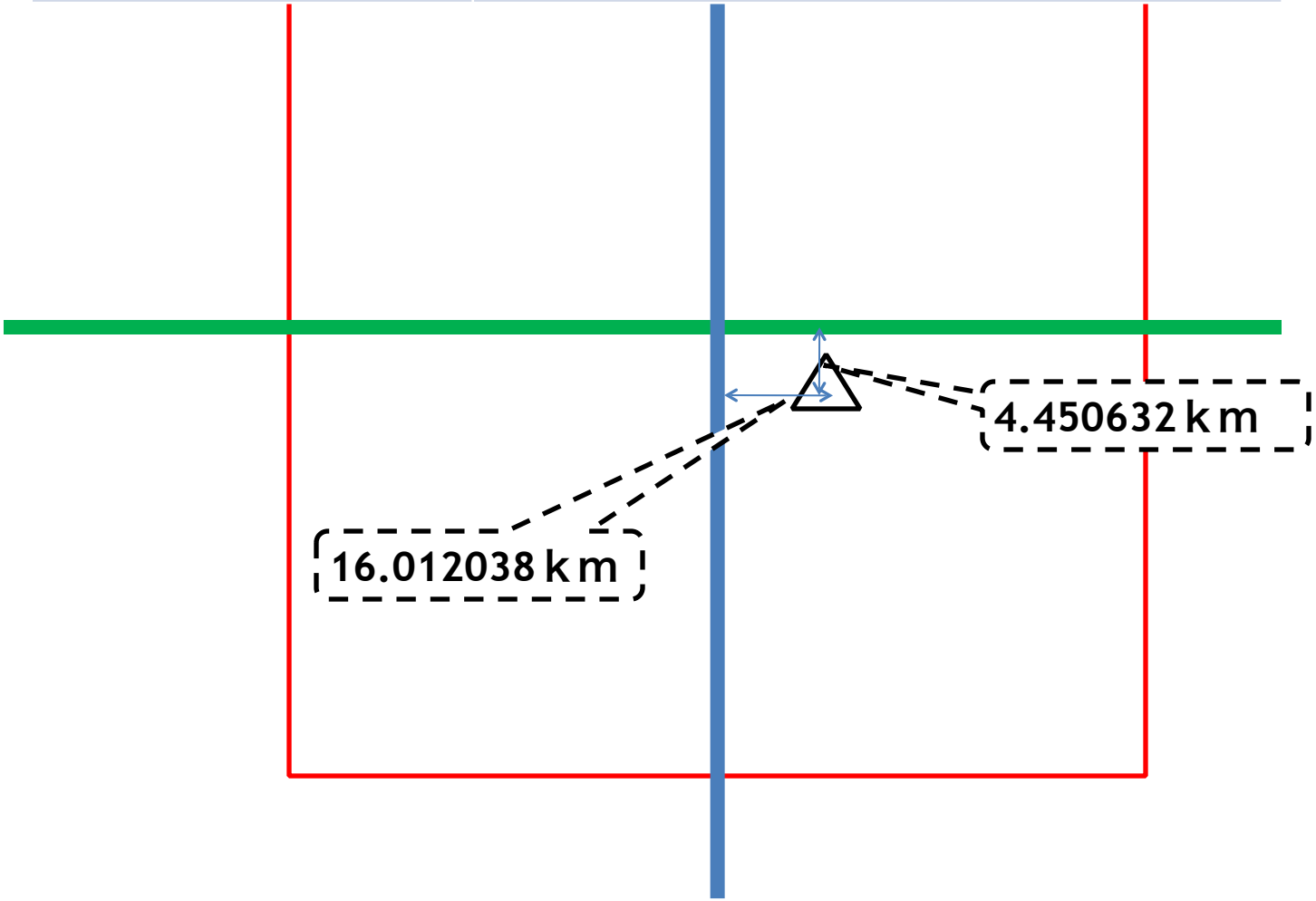
緯度　33°00′00″

経度　131°00′00″

例題の解答４

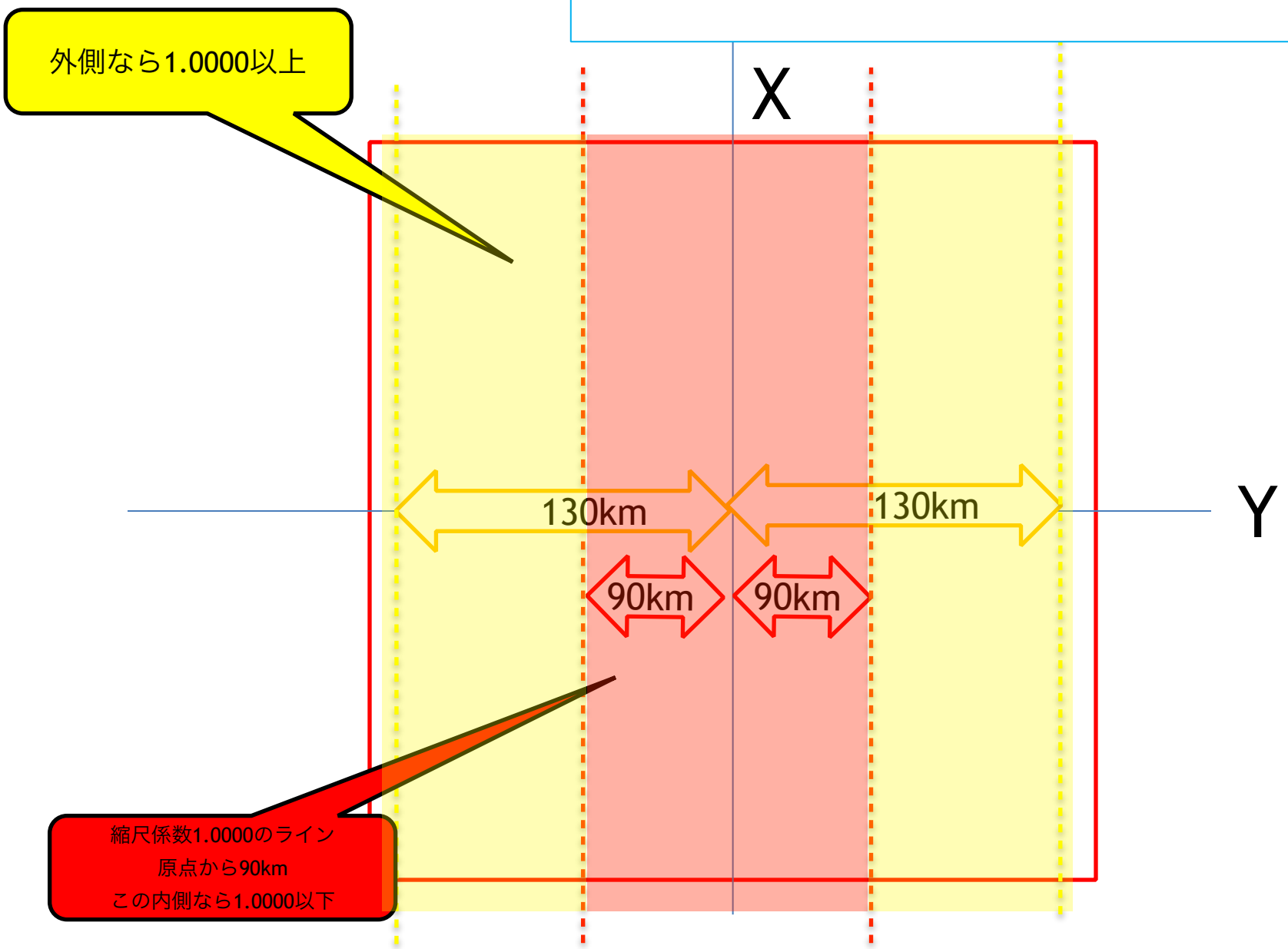
縮尺係数を知るには、座標の原点からどれくらい離れているかを知る必要がある。

X	−4450.632m＝ −4.450632ｋm
Y	＋16012.038m＝＋16.012038ｋm



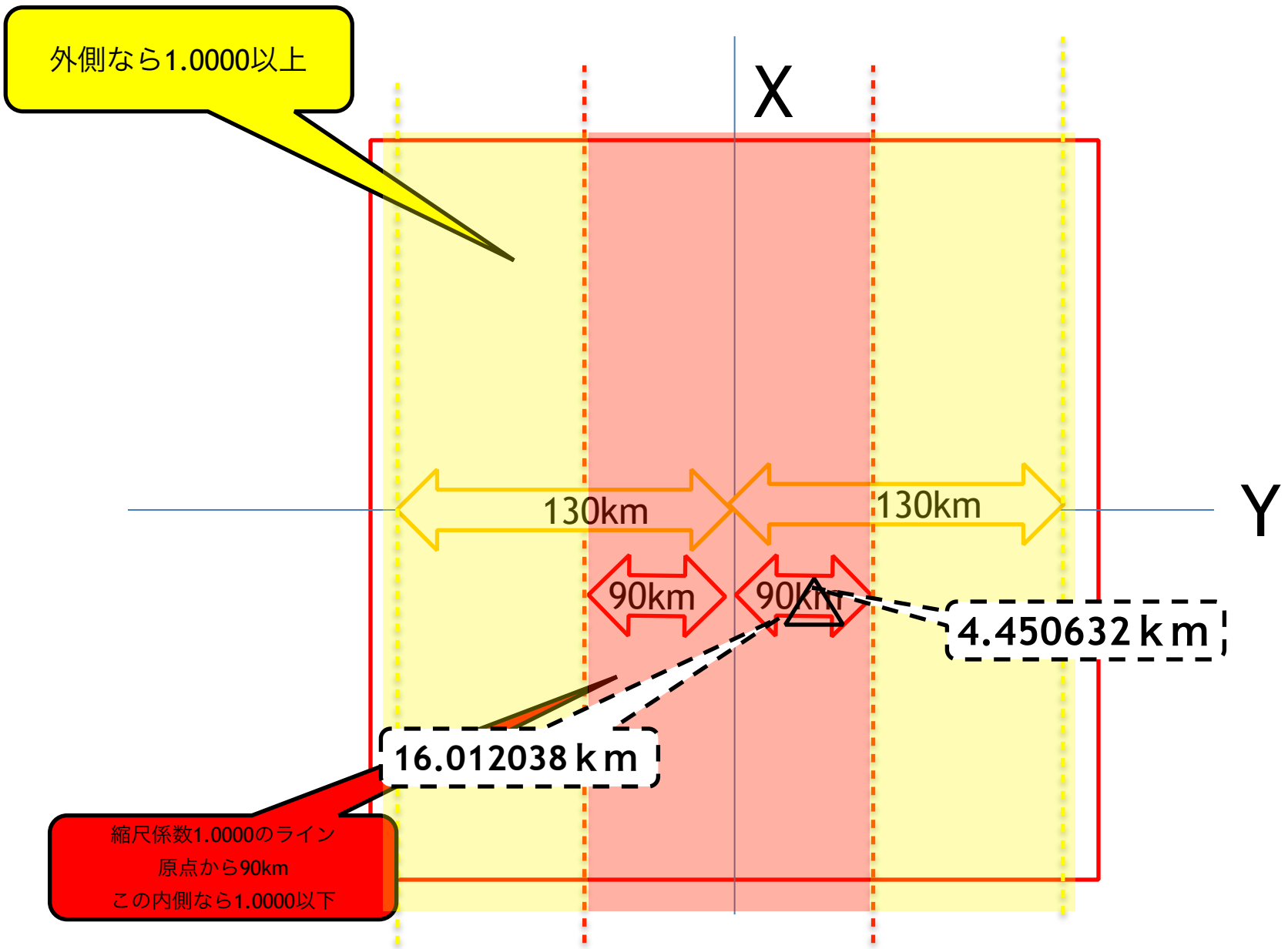
例題の解答５

縮尺係数は９０ｋｍが１.0000なので、基準点が原点から９０ｋｍの中か外か判断する。



例題の解答６

内側なので1.000以下で①とわかる



例題の解答７

	測地成果2000
基準点コード	*1549-54-4564*
地形図名	菊池
種別	四等三角点
冠字番号	尽１４
点名	横平
緯度	*32°57′35″.0932*
経度	*139°49′43″.4036*
標高	*128.02*m
座標系	*2*系
X	－*4450.632*m
Y	＋*16012.038*m
縮尺係数	①*0.999903*
ジオイド高	*32.08*m

表は、インターネットを利用して国土地理院のホームページで閲覧できる三角点・多角点表示情報の抜粋である。「ア」および「イ」に入れるべき符号は何か？
また、「ウ」の縮尺係数は①②のどちらかか？

①0.999903

②1.000003

ただし、平面直角座標2系の原点座標値は以下のとおりである。

緯度　33°00′00″

経度　131°00′00″

ポイント！

①座標と基準点の図を描く
②基準点が　　ラインの
内側か外側かを意識する
③数値を書き込む

では過去問題に挑戦してみましょう！

基準点測量　6-1

GNSS測量の概要

衛星測位

GNSS測位システム

各測位システムを組み合わせGNSSと呼ぶ。

測位衛星

電波受信機（アンテナ＋受信機）

受信状況を
確認・監視し、
受信したデータを
保存します。

衛星からの電波を
受信します。

GNSSの分類１（単独測位と相対測位）

GNSS測位

[　　]

二点以上で同時に観測する測位

二点間の位置関係を求める

測量につかう

単独測位

一点で行う測位

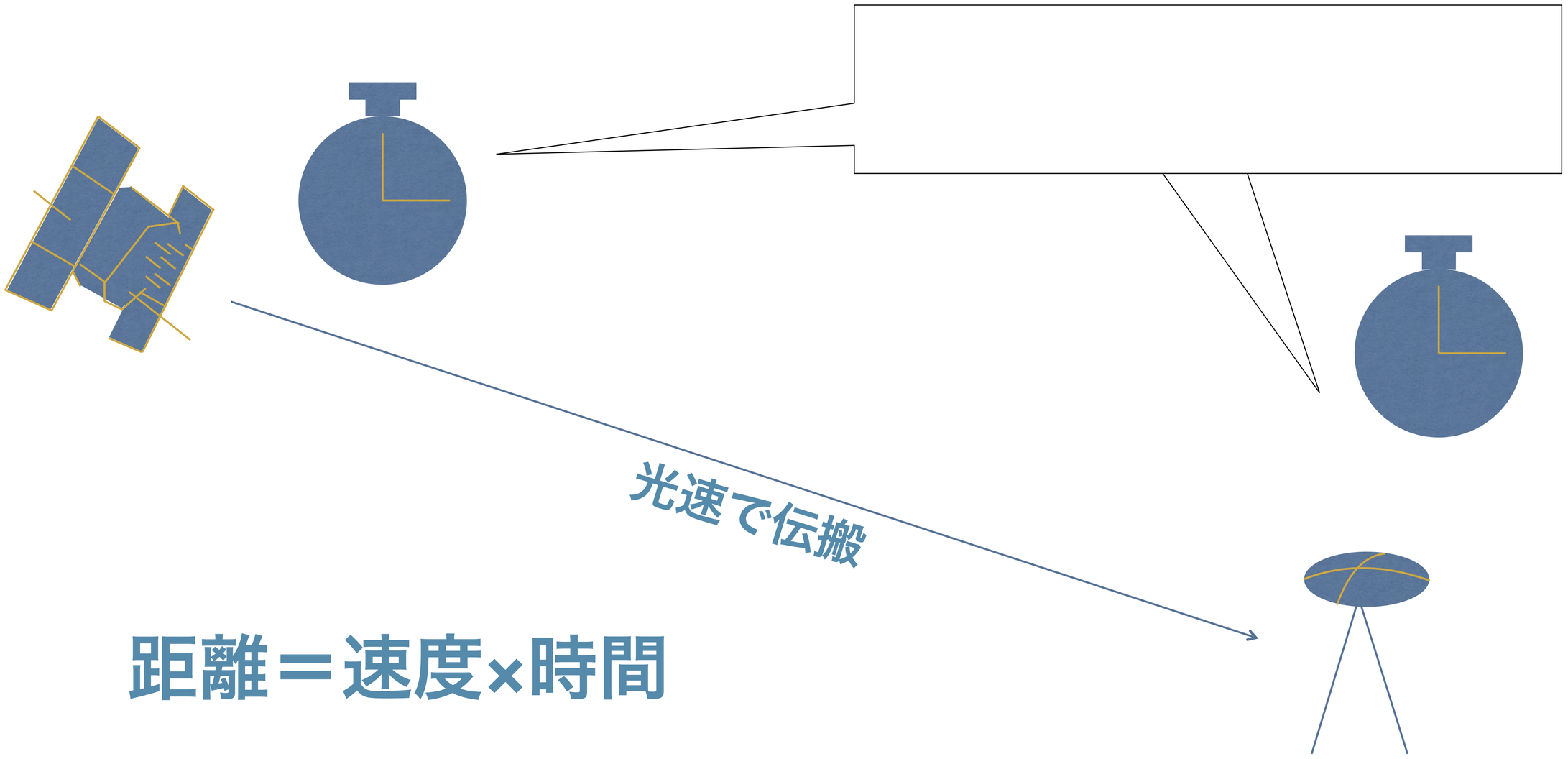
地球上の位置がわかるが

精度は低い

スマホやカーナビにつかう

ポケモンGOもこれ

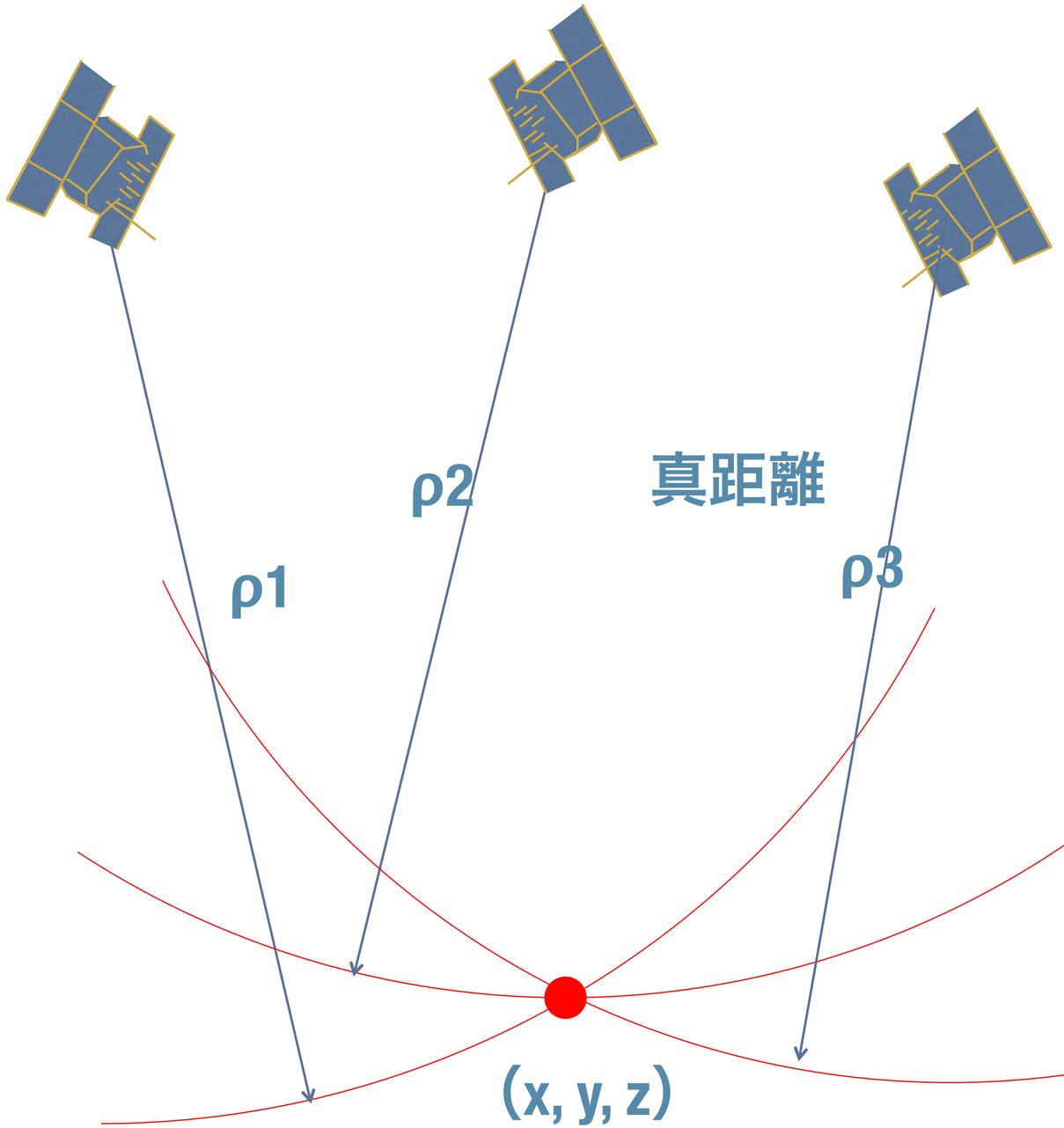
単独測位の原理



距離＝速度×時間

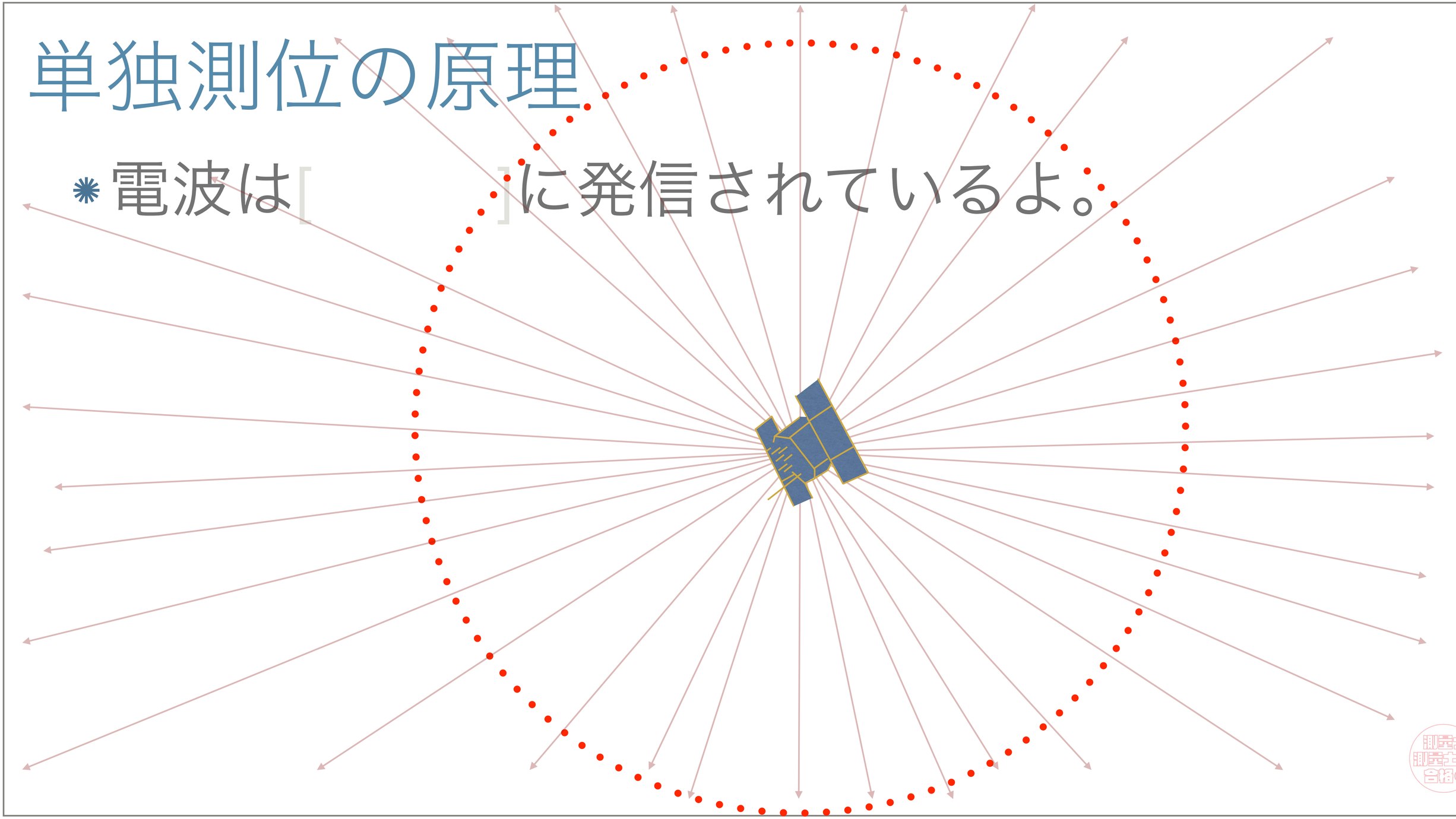
単独測位の原理

- 理論的には３つの衛星からの距離がわかれば地球上の位置が求められるが、実際には時計の同期が必要！



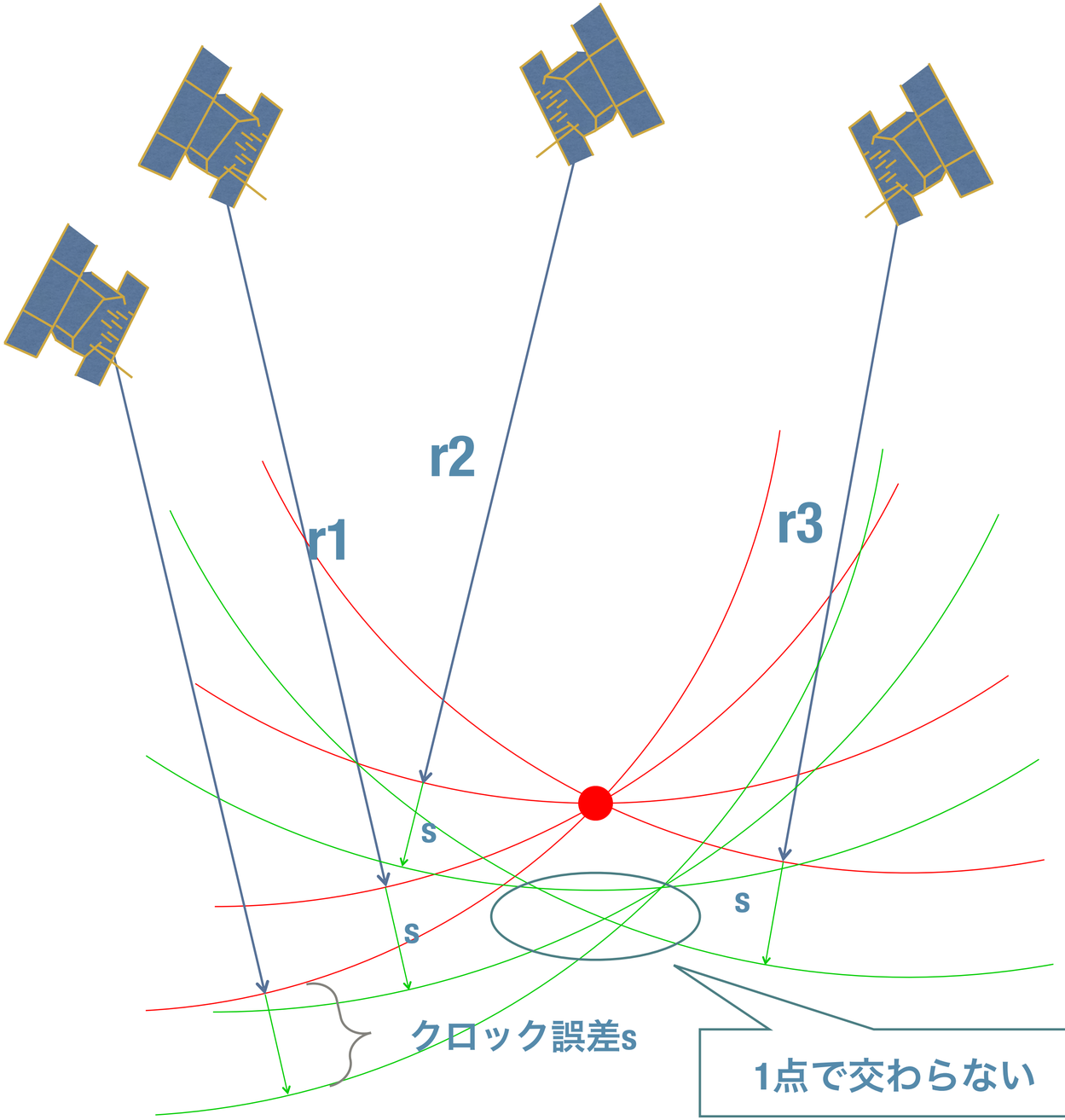
単独測位の原理

- 電波は[　　]に発信されているよ。

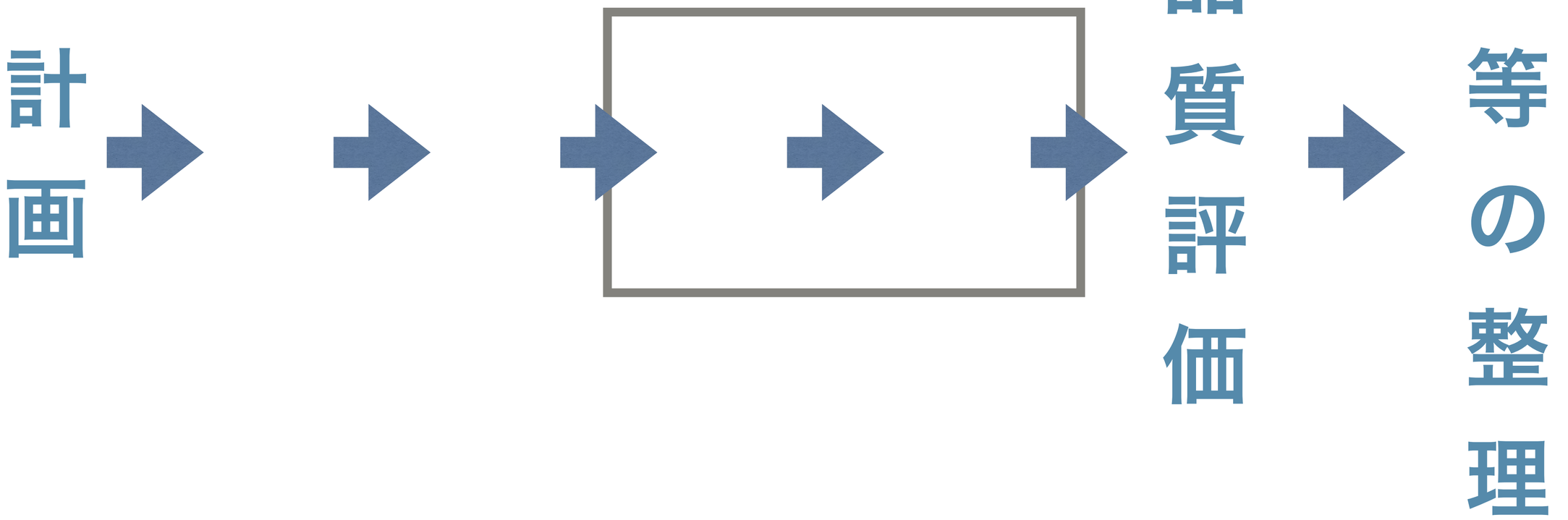


単独測位の原理

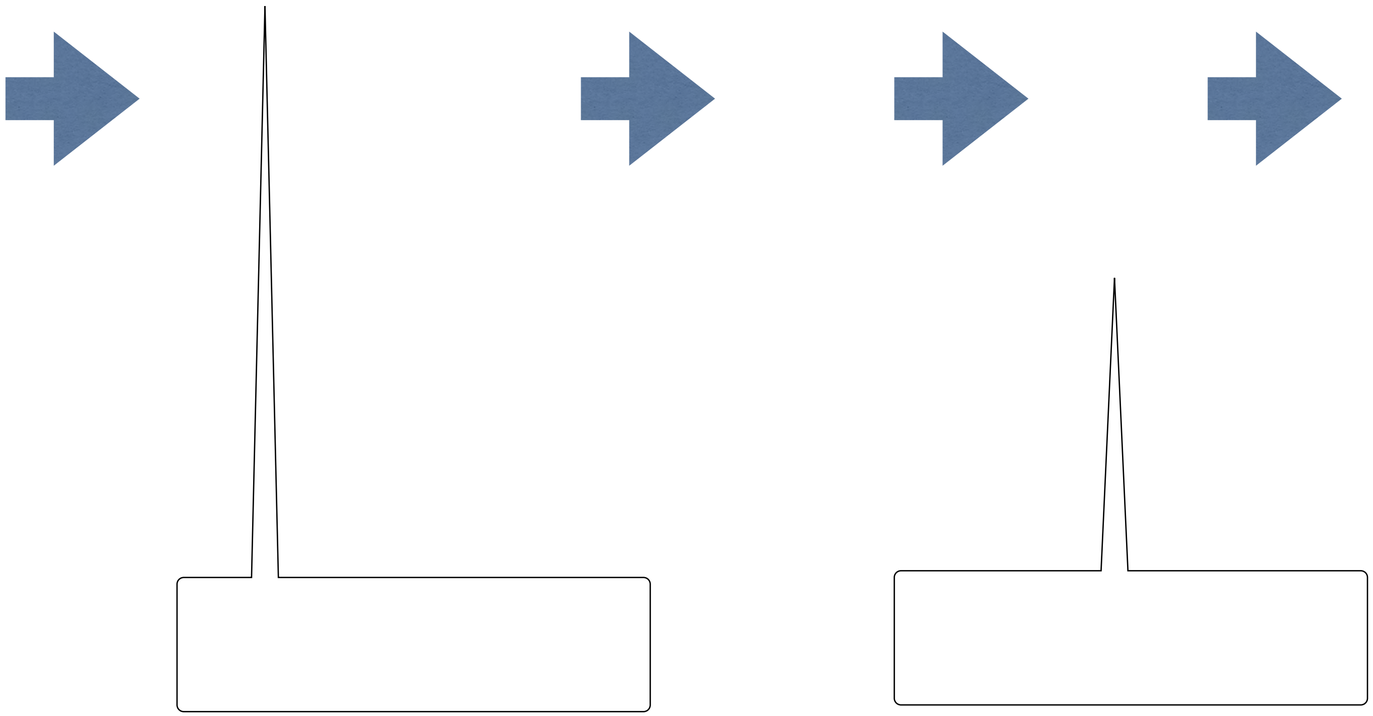
- 実際には４つ以上の衛星を利用し、クロック誤差を解決することで点を求めている。



GNSS測量の流れ



GNSS測量の観測（現地）



GNSS測量の計算（会社、事務所等）

※受信したデータを元に、二点間の位置関係をもとめること。放送歴を使う。

※データ受信機に無線を積んで現地で位置関係を求めることができる。
これをリアルタイム解析という。

GNSS測量の特徴　その１

[　　]に左右されにくい！

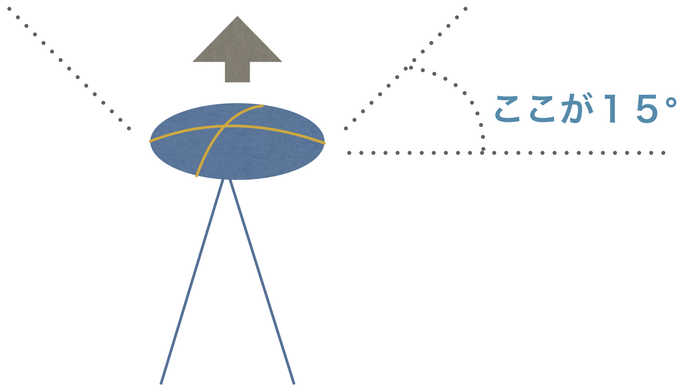
※ただし、雷と雪は苦手(>_<)

GNSS測量の特徴　その２

[　　]がいらない！

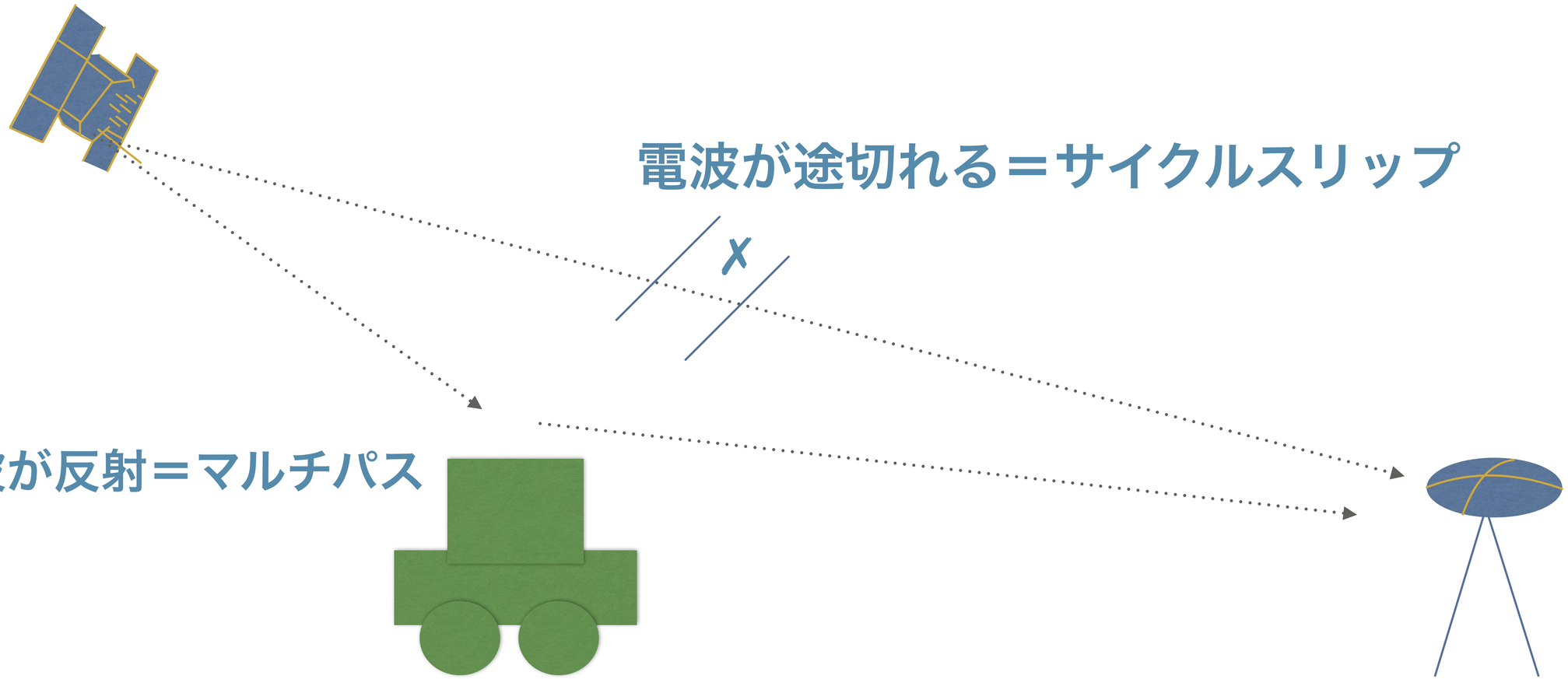
※ただし、上空視界が必要

上空視界＝空がみえること



GNSS測量の特徴　その３

電波の[　　]・[　　]に注意！



GNSS測量の特徴　その４

衛星の[　　]が必要！

※軌道情報＝衛星がどの時間帯にどこをとんでいるか。

測量士補受験の場合は飛来情報とほぼ同じ意味。

基準点測量　6-2

GNSS干渉測位の原理

衛星測位　行程差　波数　整数値バイアスの決定　二重位相差

GNSSの分類１（単独測位と相対測位）

GNSS測位

単独測位

一点で行う測位

地球上の位置がわかるが

精度は低い

スマホやカーナビにつかう

ポケモンGOもこれ

二点以上で同時に観測する測位

二点間の位置関係を求める

測量につかう

GNSSの分類２（干渉測位とDGPS）

相対測位

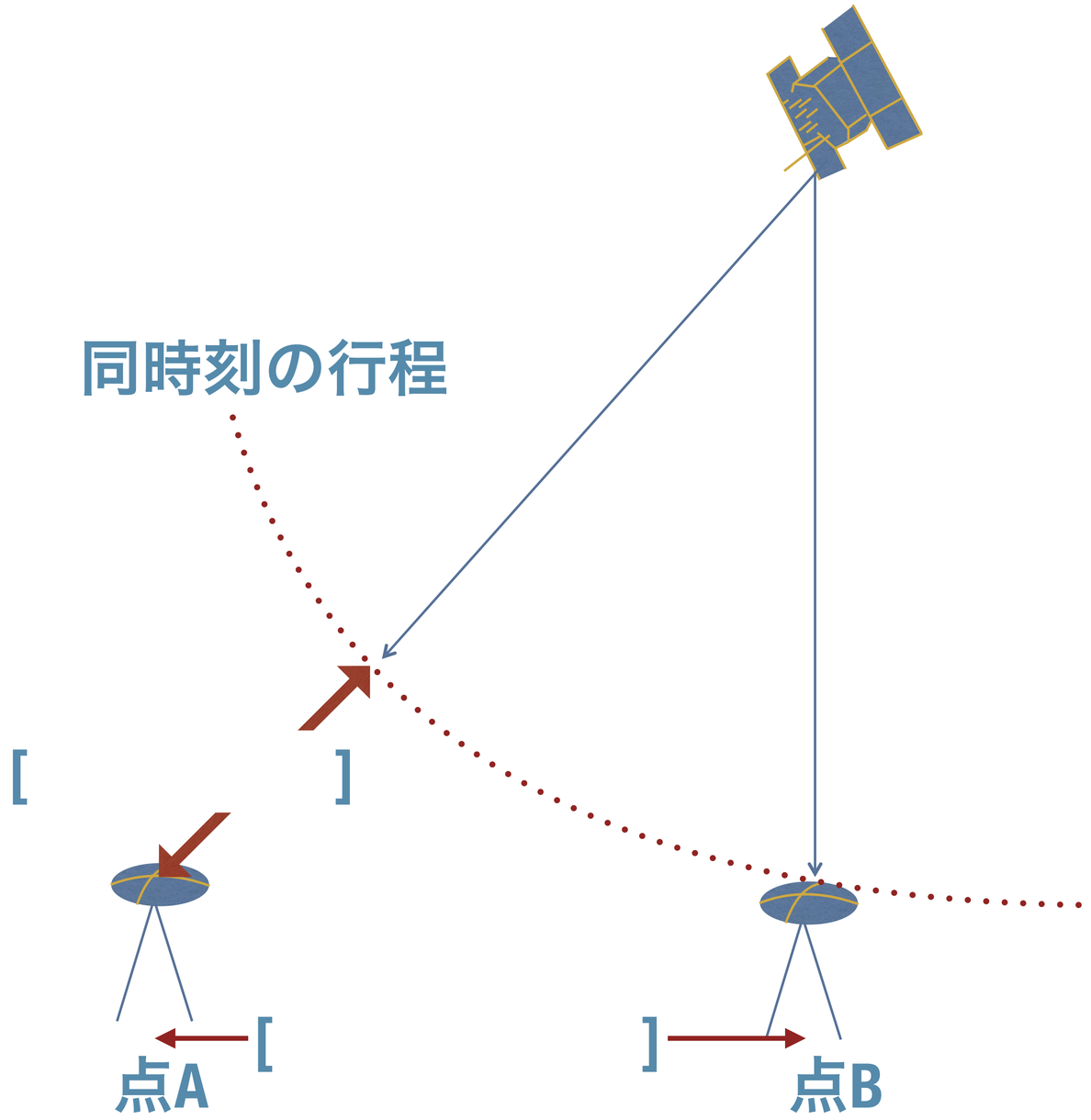
二点以上で[　　]に
同じ電波を観測する測位
二点間の位置関係を求める
測量につかう

DGPS

１点は移動局で
もう一点はDGPS固定局が
受信したデータを元に
移動局の位置を求める
船舶・航空機のナビにつかう

干渉測位の原理

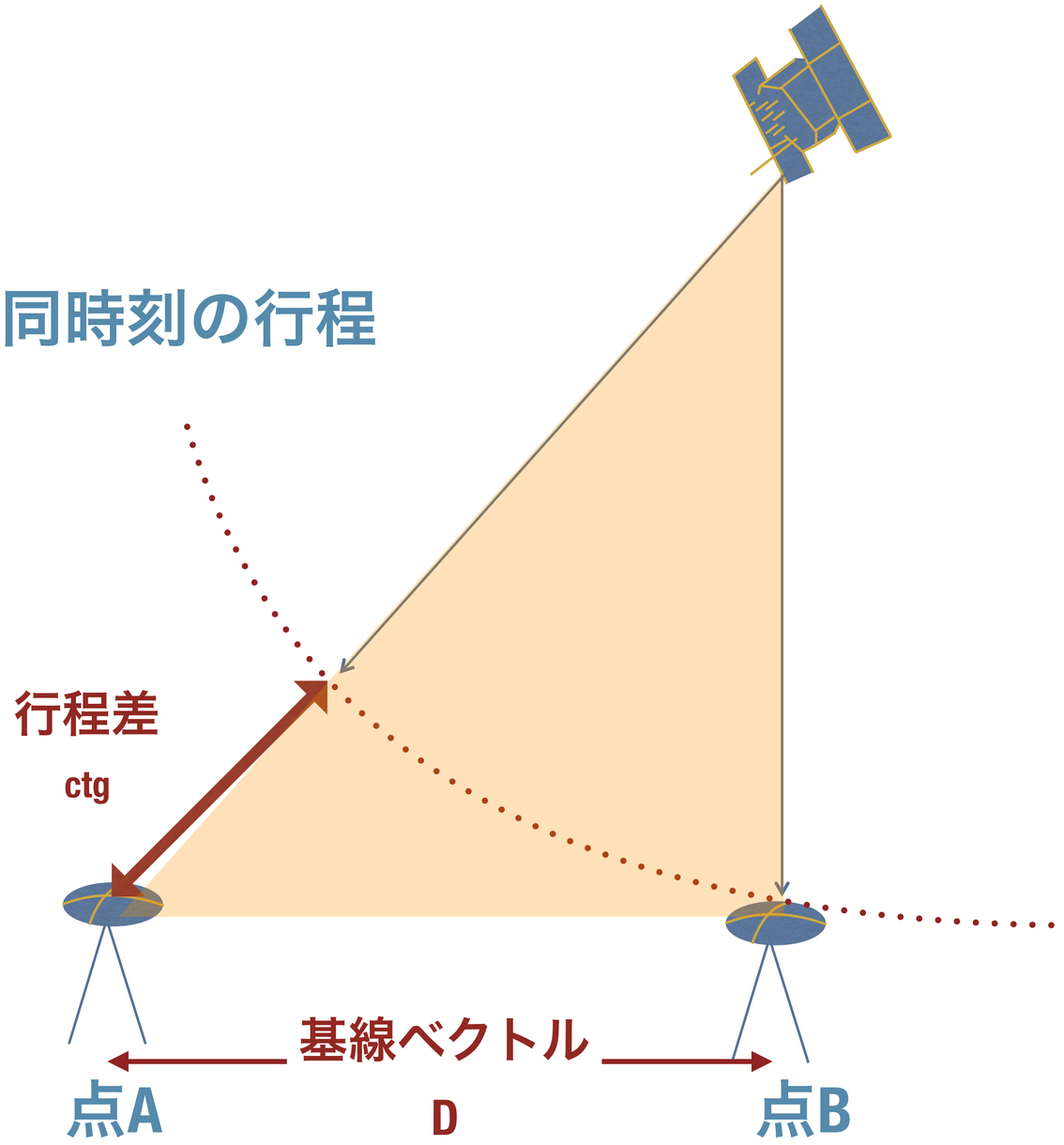
- 同時刻に発信された電波は先に近い点（B）に到着して遅れて遠い点（A）に届く。
- 衛星と基準点間の距離は搬送波位相（実際は単位時間あたりに受信する波の回数を数えている）を測るとわかる。



干渉測位の原理

- ４衛星以上からの同時刻の行程と行程差が分かれば基線ベクトル（2点間の位置関係）がわかる。

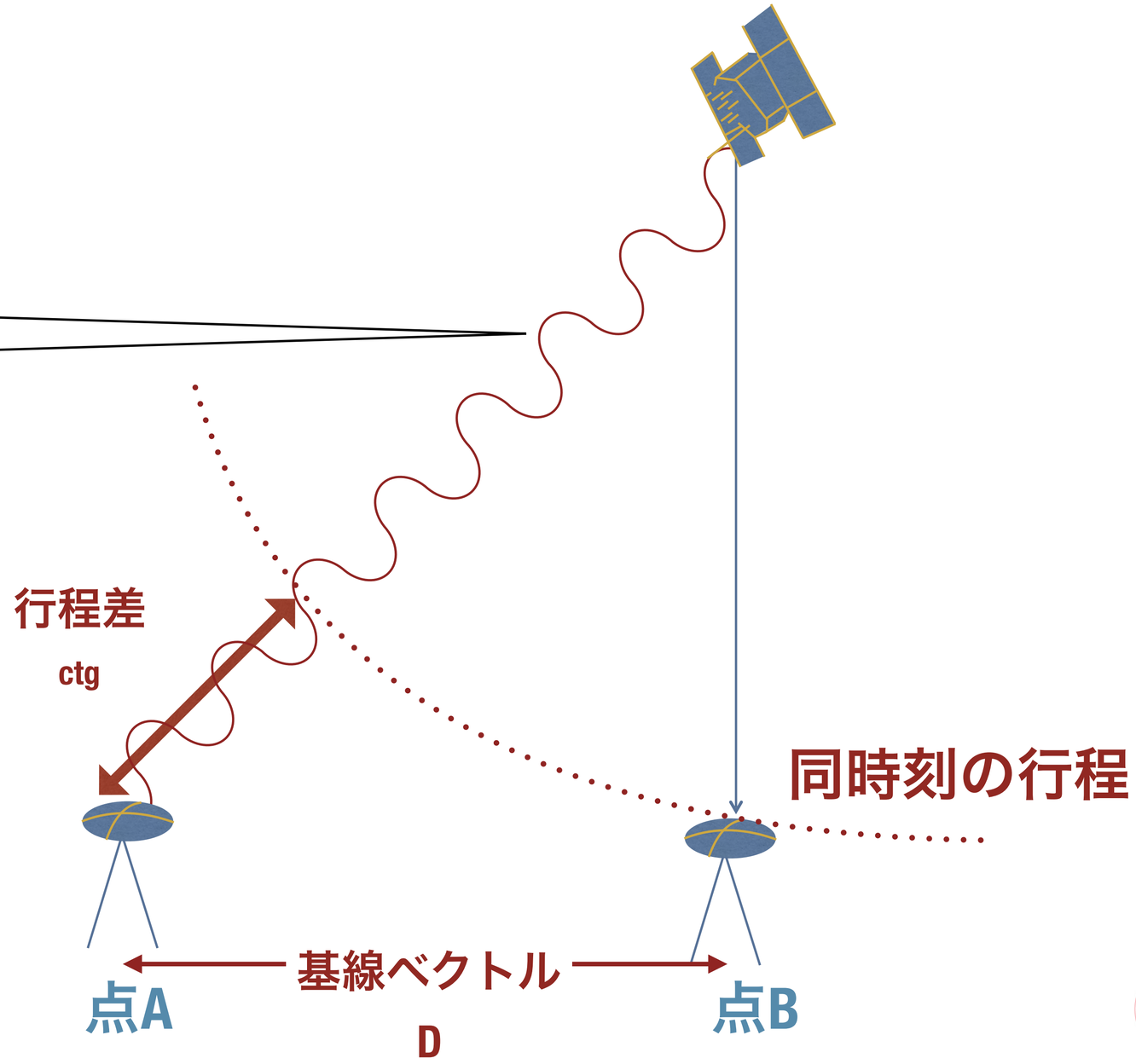
- しかし、同時刻の行程と行程差を知るために2つ困ったことがある！



干渉測位の原理

電波は波なのでこの性質を
利用して衛星～アンテナ間の
距離を求めるのです
が、、、

衛星とアンテナ間の
[　　]かつ、
[　　
　　]
なのです。



干渉測位の原理

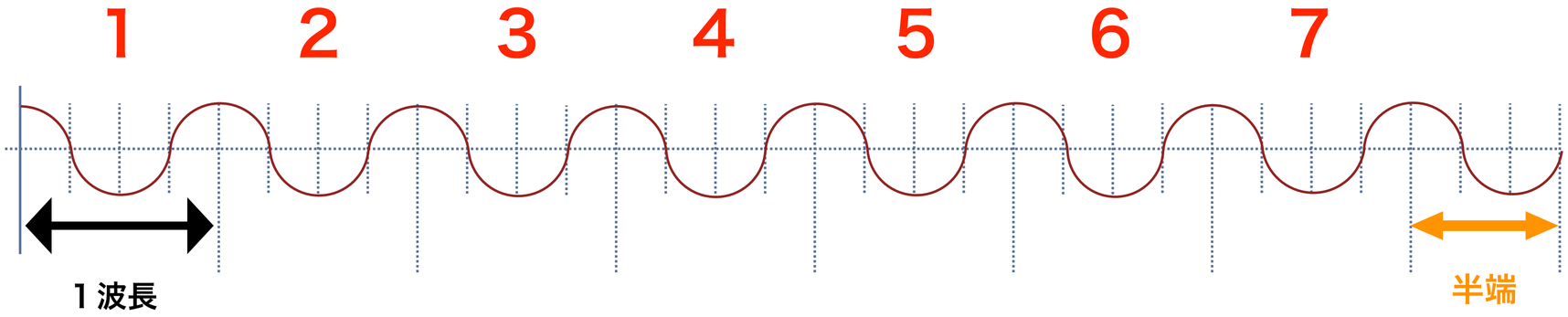
困ったこと①　　波数がわからない件

衛星～アンテナ間の距離＝1波長×波打った回数（波数）＋半端

衛星が一定の波長で
電波出してるからわかる

こいつが問題！

位相を測定すればわかる
（しかも結構な精度で）

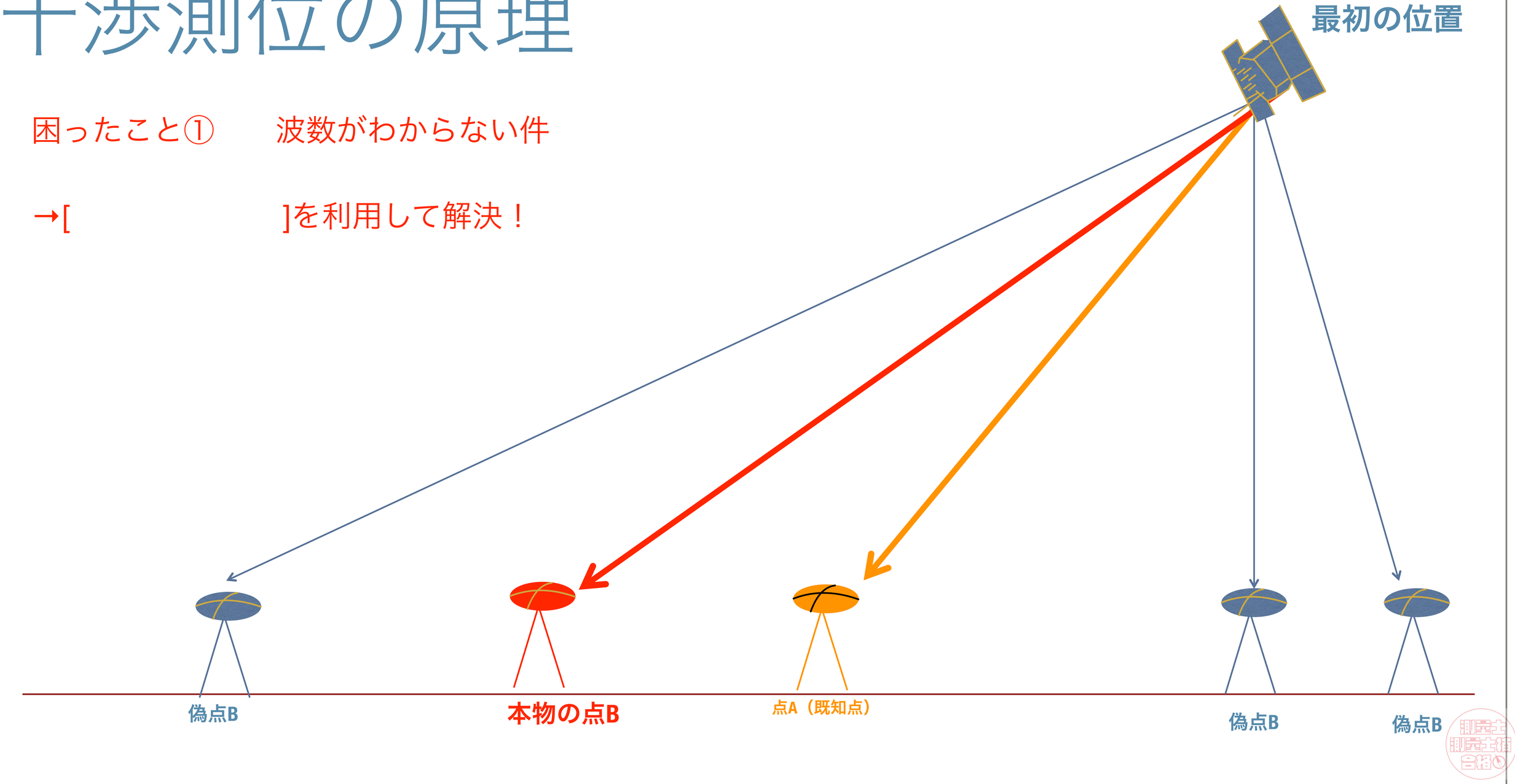


例　衛星～アンテナ間の距離＝19cm×7＋6mm＝1m33cm6mm

干渉測位の原理

困ったこと①　　波数がわからない件

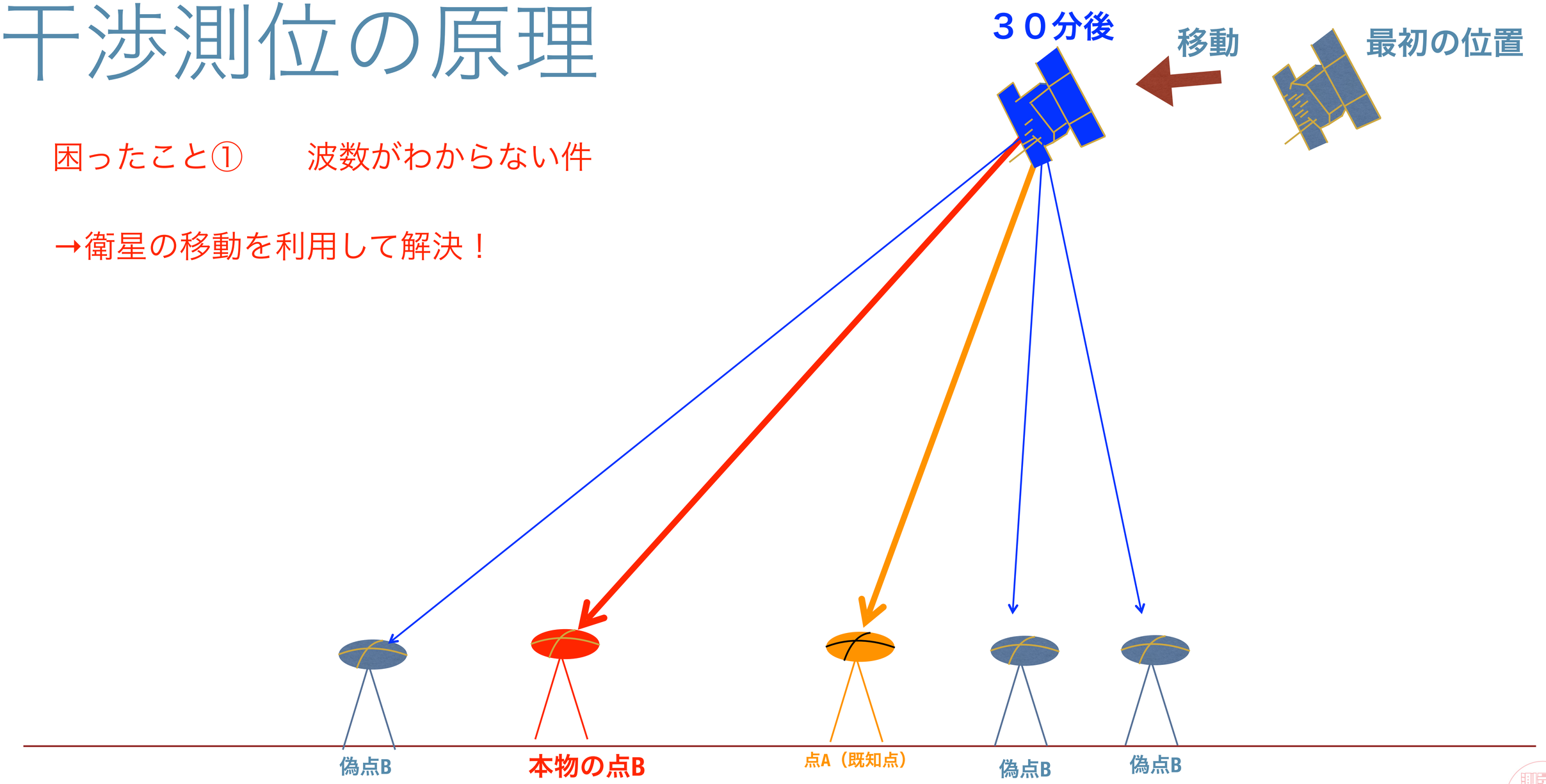
→[　　]を利用して解決！



干渉測位の原理

困ったこと①　　波数がわからない件

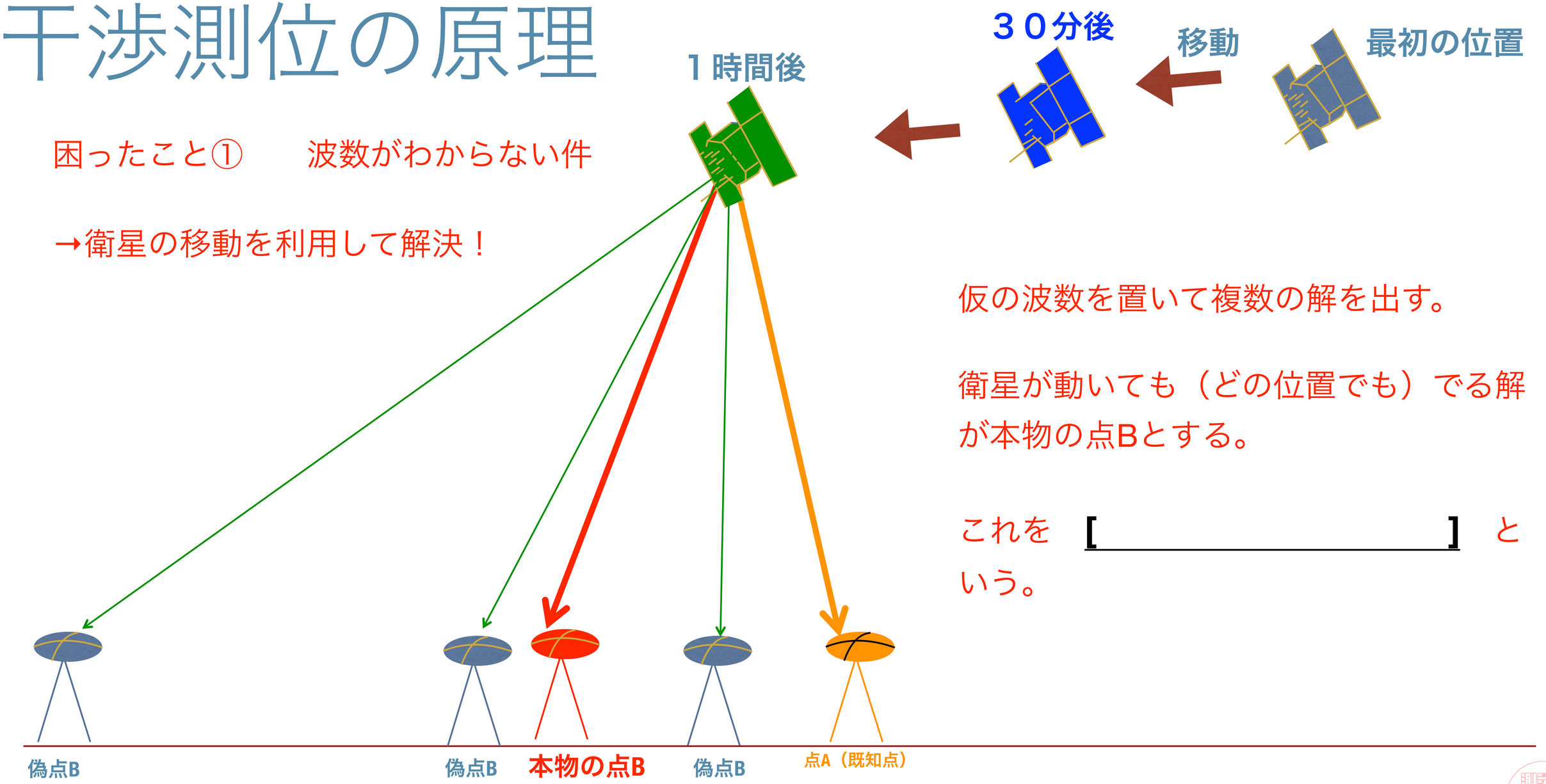
→衛星の移動を利用して解決！



干渉測位の原理

困ったこと①　　波数がわからない件

→衛星の移動を利用して解決！



仮の波数を置いて複数の解を出す。

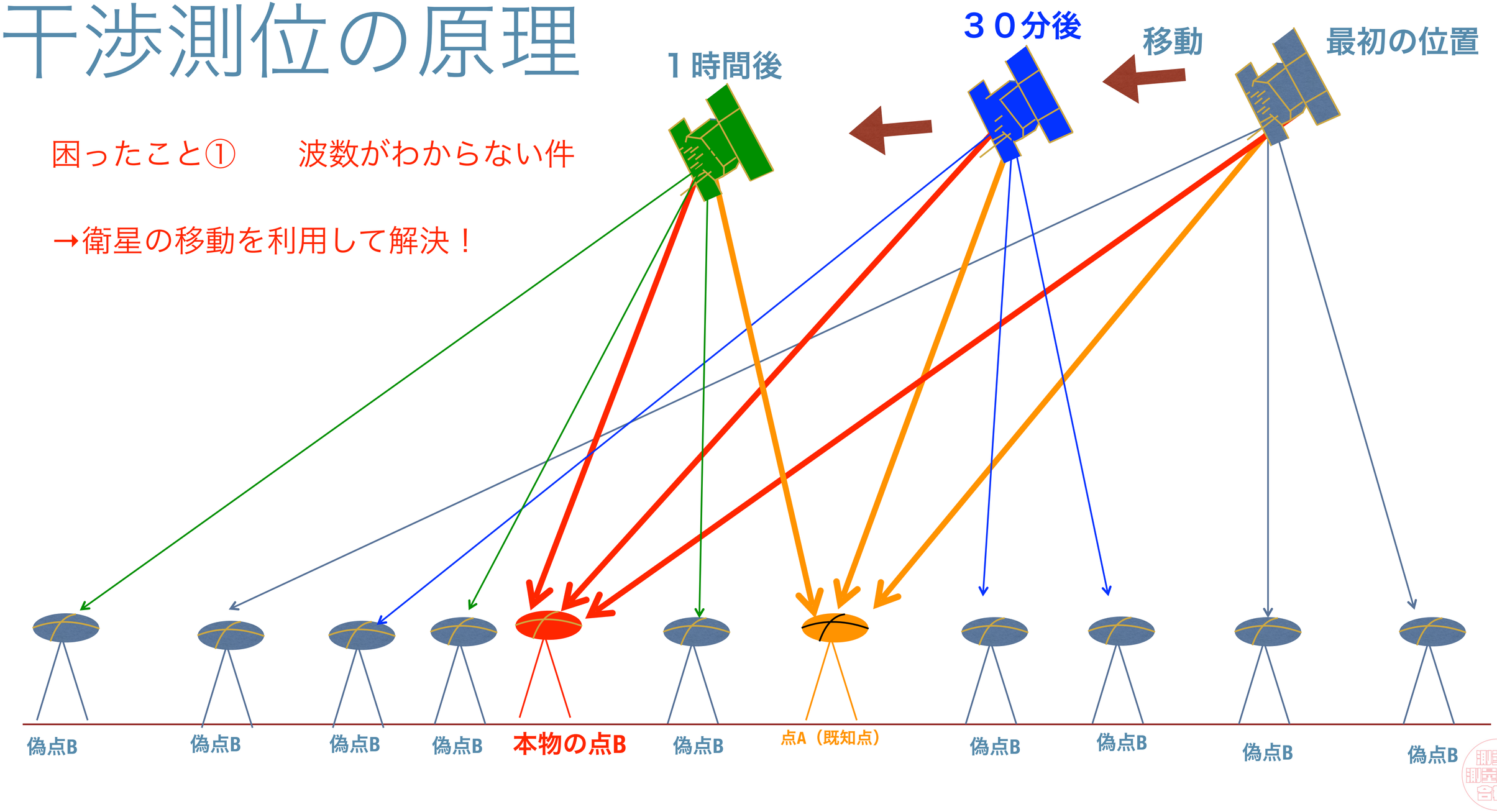
衛星が動いても（どの位置でも）でる解が本物の点Bとする。

これを［　　］という。

干渉測位の原理

困ったこと①　　波数がわからない件

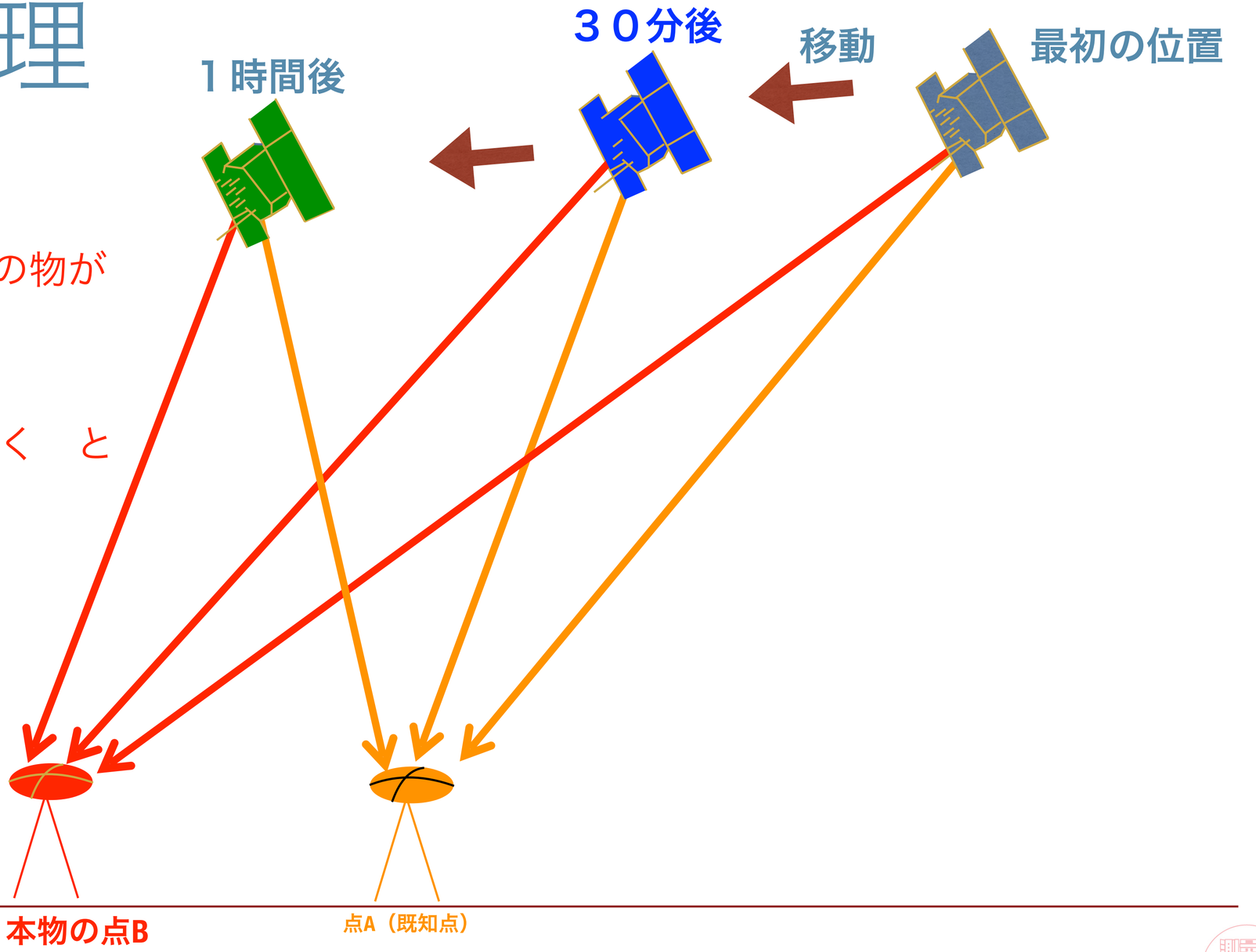
→衛星の移動を利用して解決！



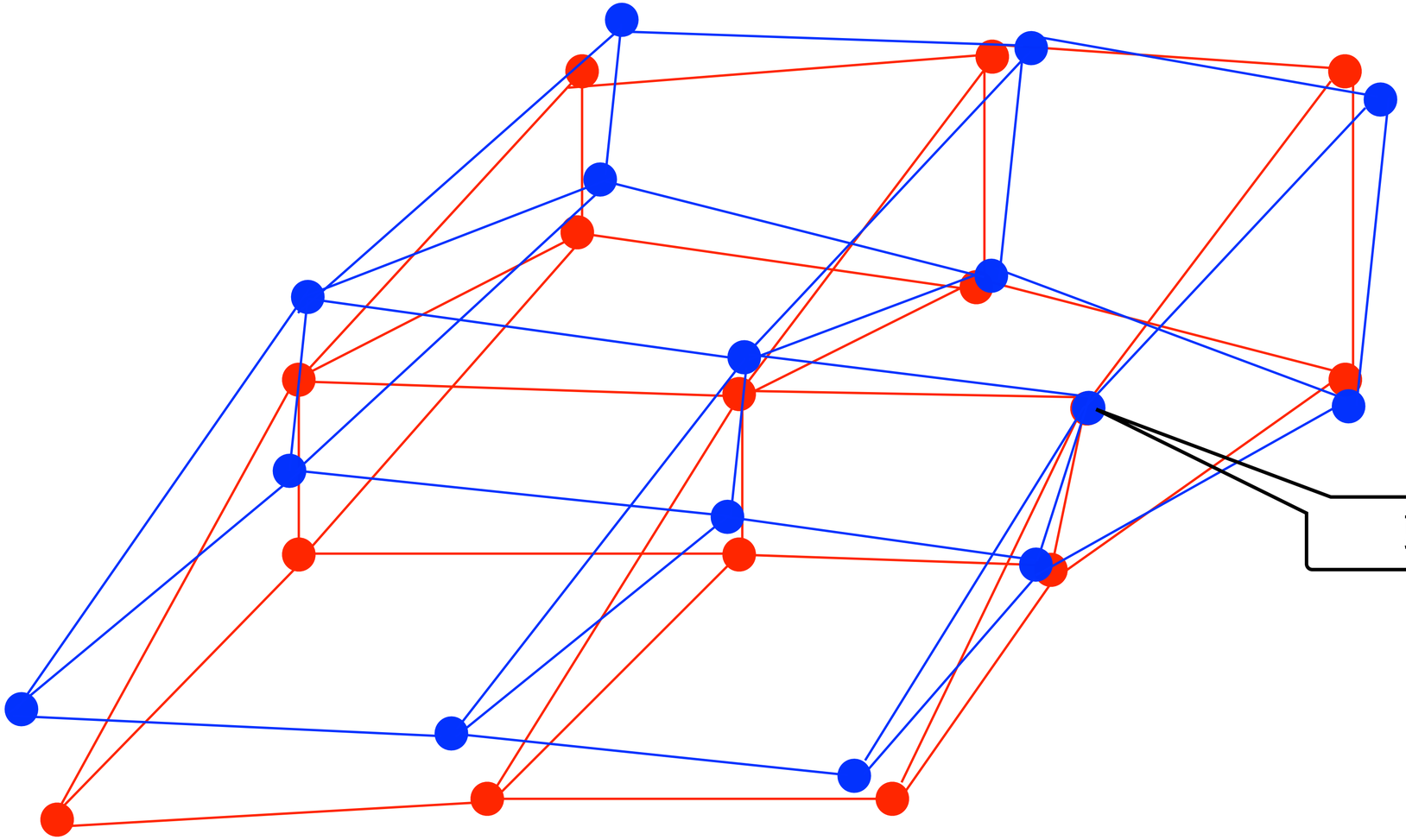
干渉測位の原理

偽のB（偽りの解）を排除し、不動の物が本物のB（真の解）

測地学だと　アンビギュイティを解く　という。



これを［　　］という。



動かないものが真の解です

●最初の衛星配置

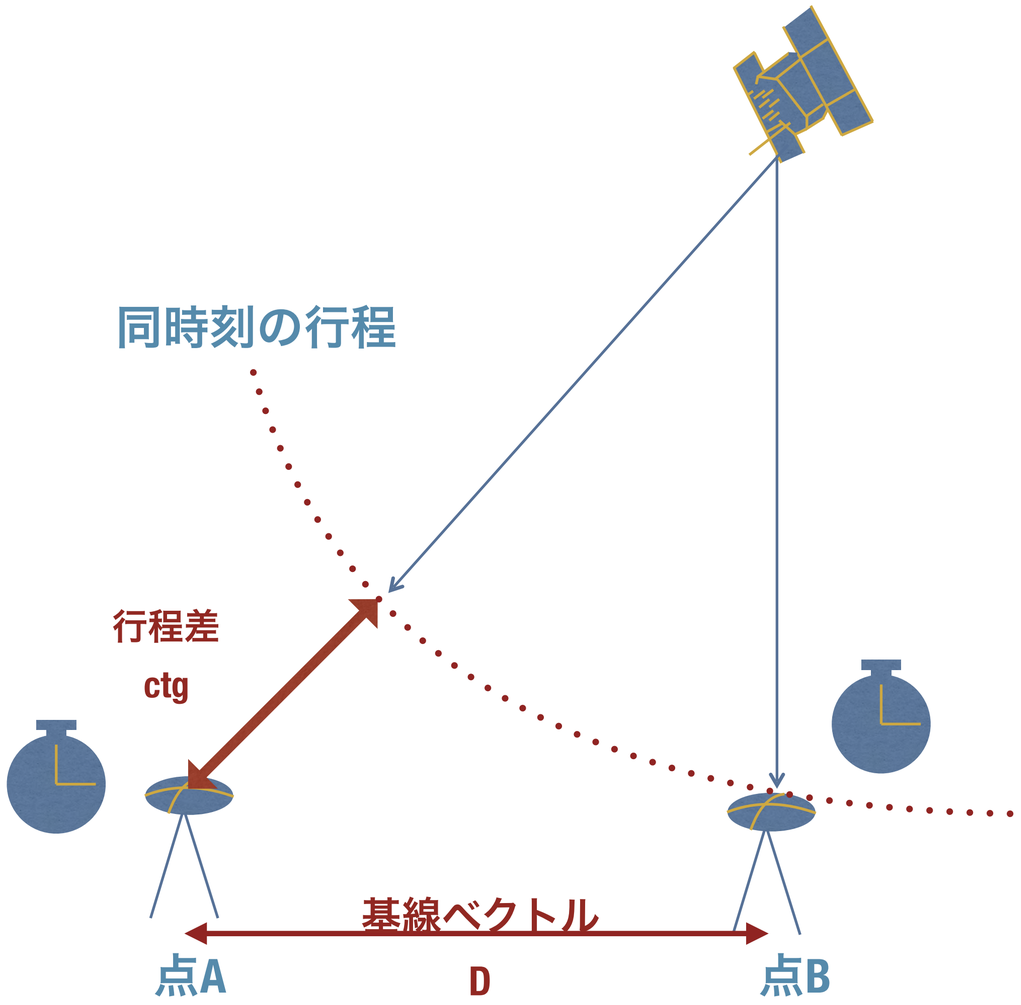
●後の衛星配置

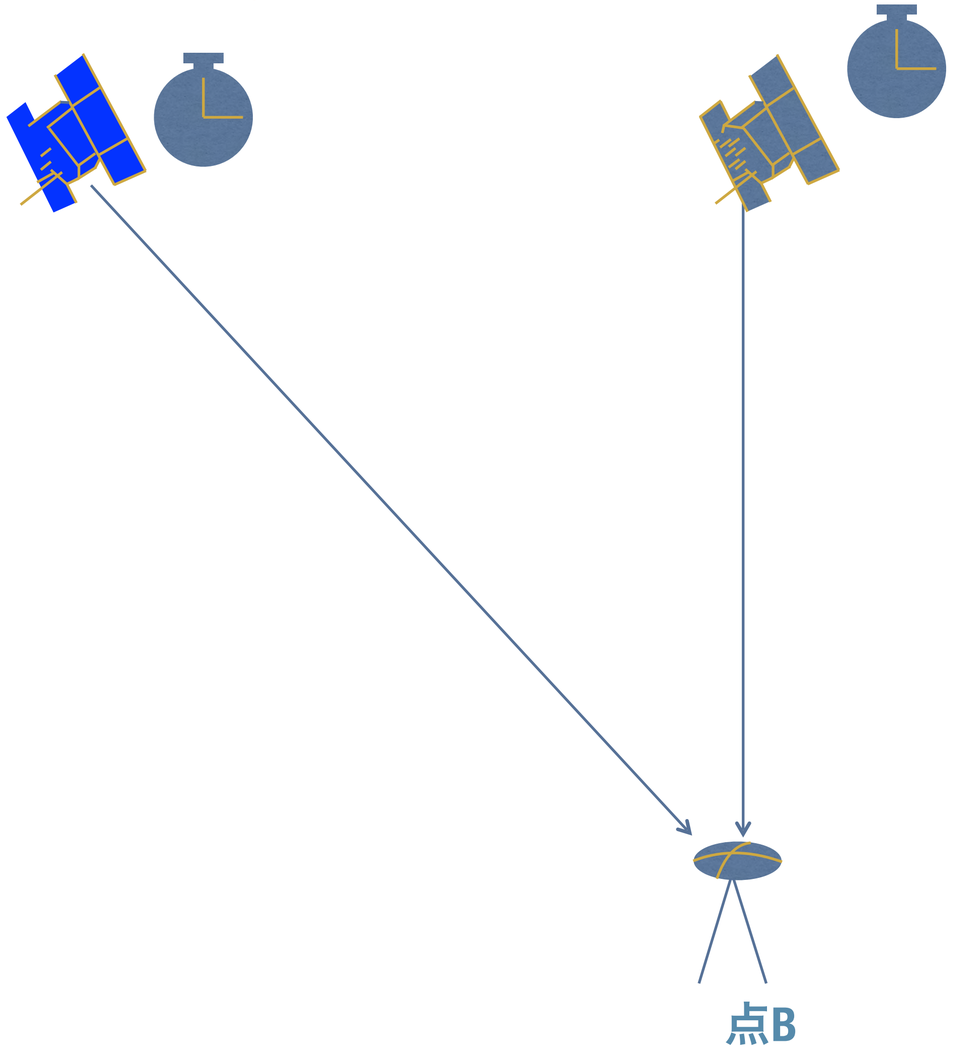
衛星の位置によって解が変化していきます。

ここではわかりやすく平面で描きましたが　**整数値バイアスの決定**　は本当は３次元の位置なので図の様になります。

困ったこと②　　時間の誤差（時計誤差）がある件

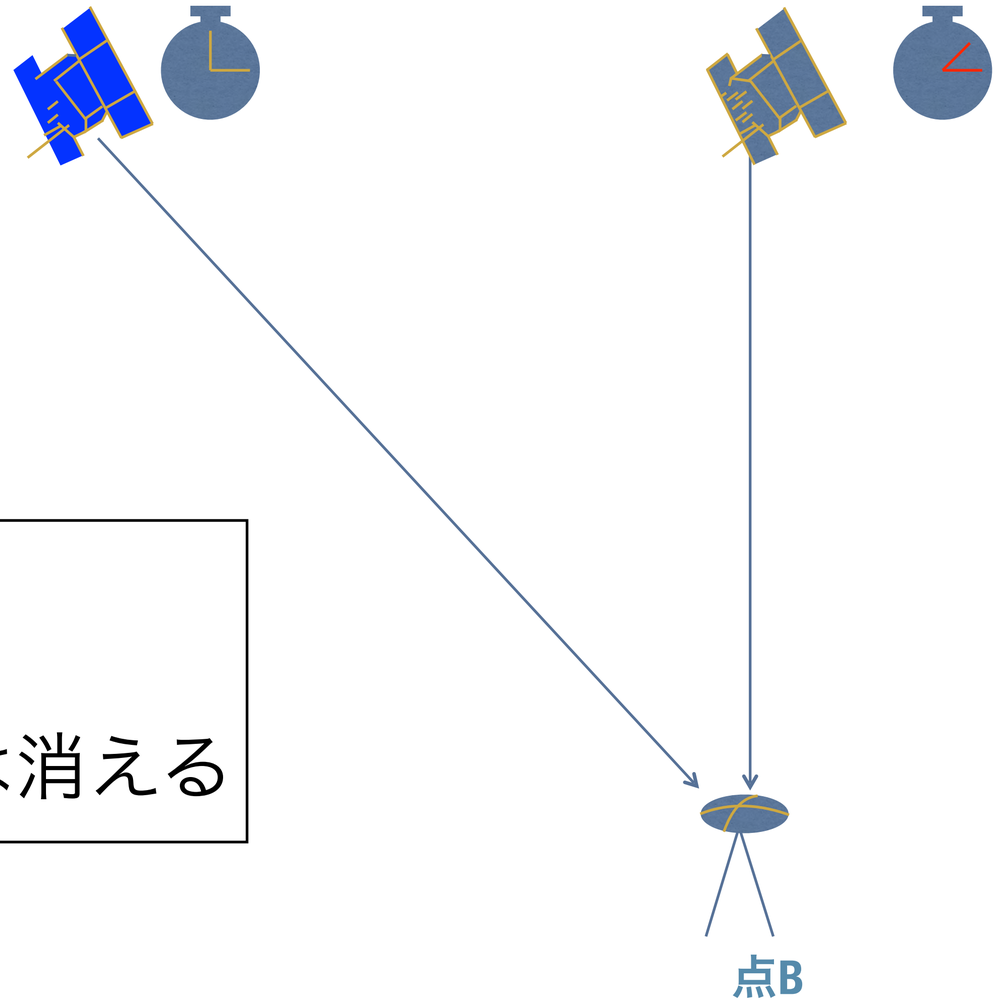
→同時の[　　]が不安定になってしまう





困ったこと②　　時間の誤差（時計誤差）がある件

→同時の「時」が不安定になってしまう

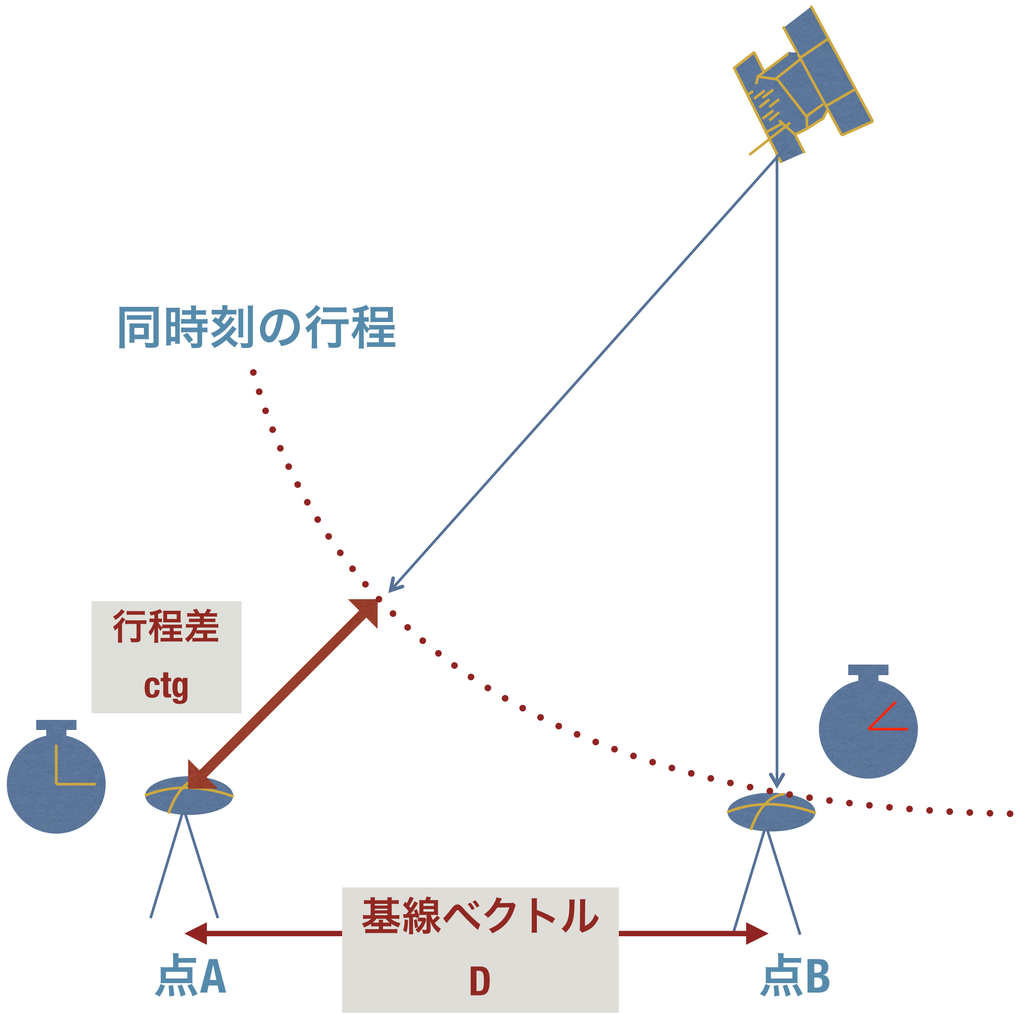


[　　]間１重位相差

→アンテナ（受信機）の時計誤差は消える

困ったこと②　　時間の誤差（時計誤差）がある件

→同時の「時」が不安定になってしまう

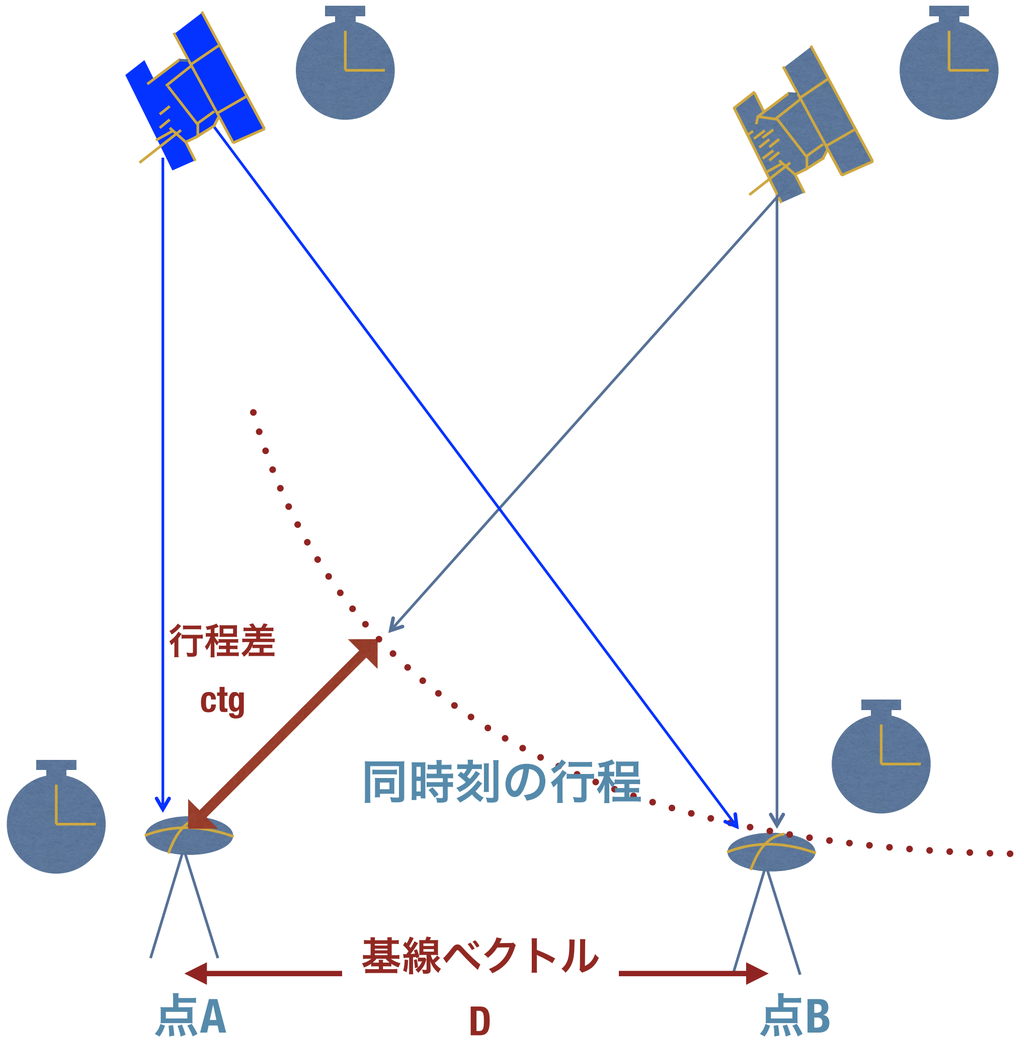


[　　]間１重位相差

→衛星の時計誤差は消える

困ったこと②　　時間の誤差（時計誤差）がある件

→同時の「時」が不安定になってしまう



受信機間１重位相差

→

（連立方程式を解く）

衛星間１重位相差

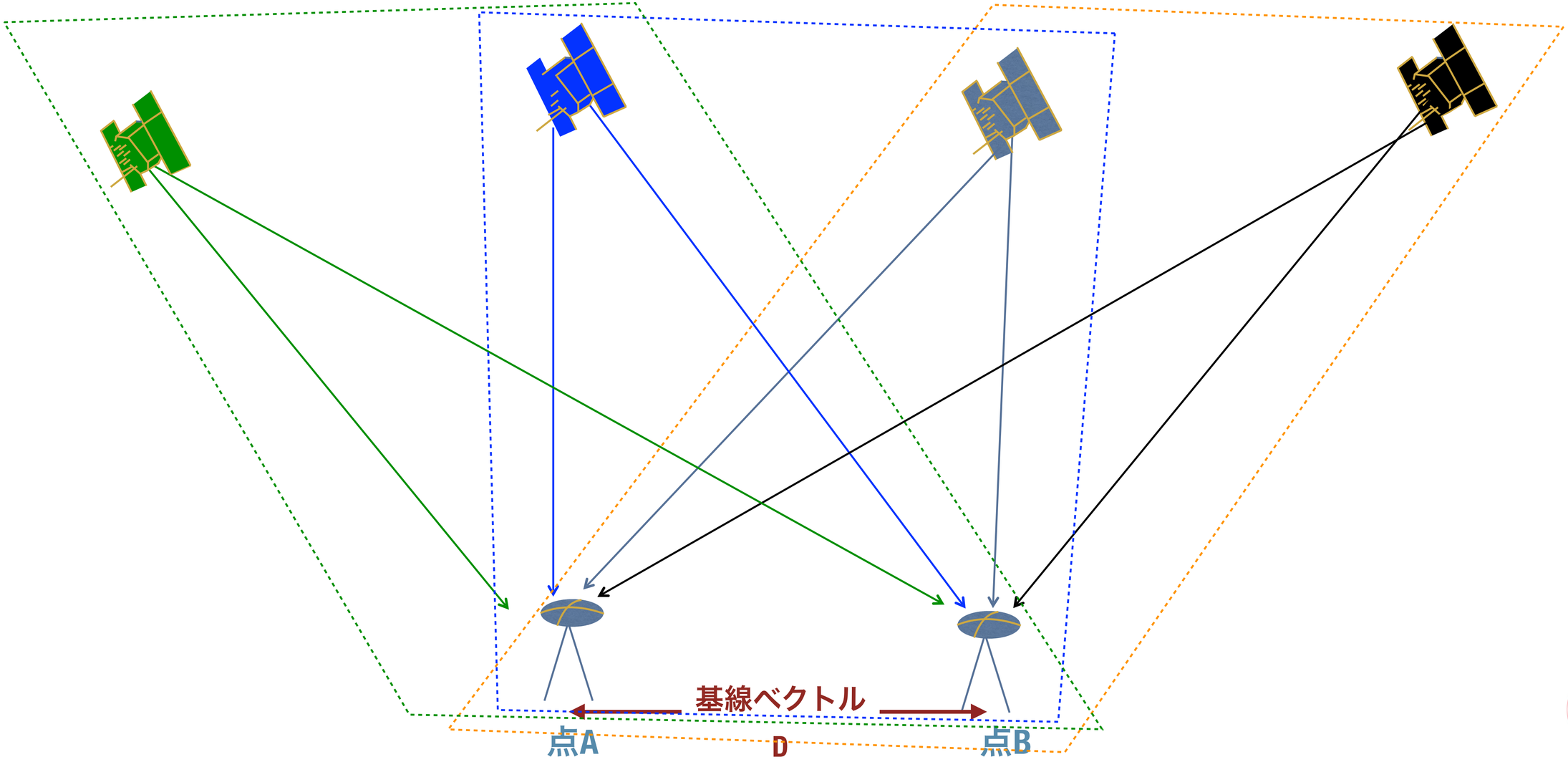
→

＝

これを［　　］という。

・二重位相差の結果が実際に採用できる１個の（２個の衛星の位置と基線ベクトルの関数）測定データ。

・３組（XYZ）の独立な二重位相差を得るために４個の衛星の観測が必要。



干渉測位の原理まとめ

困ったこと①

波数がわからない件

→解決法：衛星の移動を利用して[　　]を求める

困ったこと②

時間の誤差（時計誤差）がある件

→解決法：４つ以上の衛星の電波を２点以上で受信し[　　]を取ることで消去

基準点測量　7

GNSS(GPS)測量の種類と条件

全世界的航法衛星システム

この学習で身につけたいこと

GNSS測量の分類

GNSS測量の条件

※環境・観測できる衛星の数・観測時間

GNSSの分類１（単独測位と相対測位）

GNSS測位

[　　]

二点以上で同時に観測する測位

二点間の位置関係を求める

測量につかう

単独測位

一点で行う測位

地球上の位置がわかるが

精度は低い

スマホやカーナビにつかう

ポケモンGOもこれ

GNSSの分類２（干渉測位とDGPS）

相対測位

[　　]

二点以上で同時に
同じ電波を観測する測位
二点間の位置関係を求める
測量につかう

DGPS

１点は移動局で
もう一点はDGPS固定局が
受信したデータを元に
移動局の位置を求める
船舶・航空機のナビにつかう

GNSSの分類３（スタティックとキネマティック）

干渉測位

[　　]

すべての点にアンテナを固定し電波を受信する。高精度。

時間：
衛星数：
解析：

[　　]

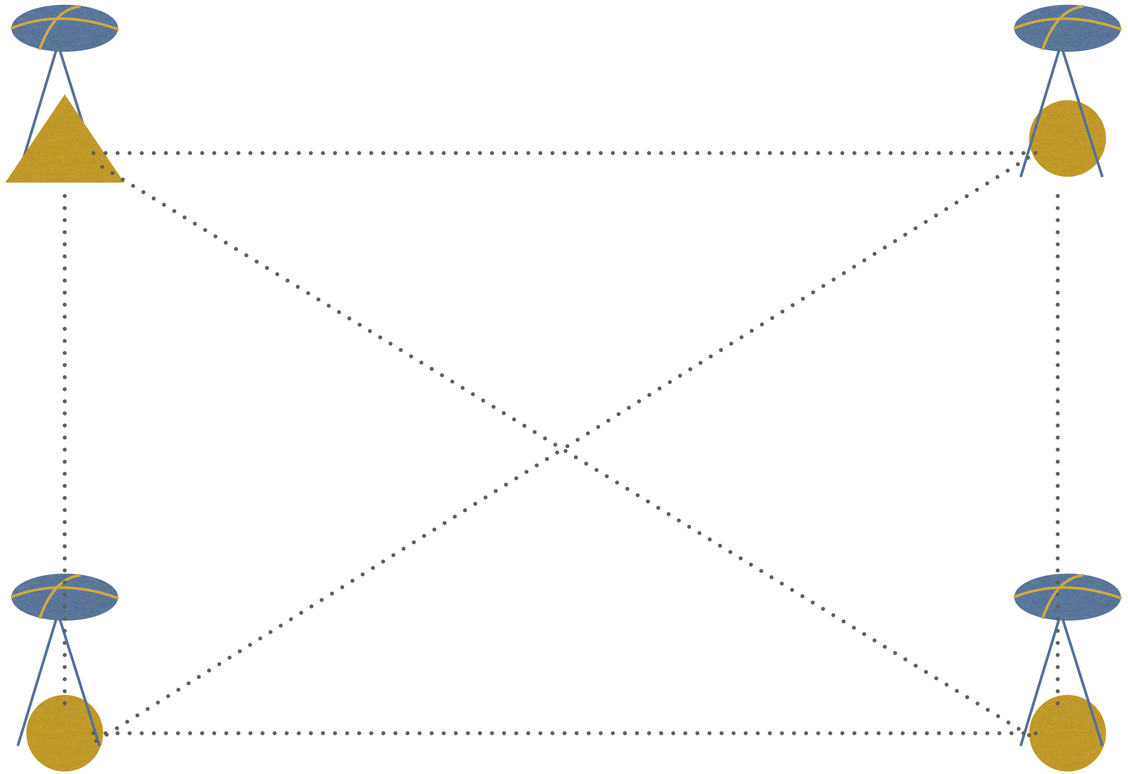
１台のアンテナを固定しもう一台で他の点を移動しながら各点で電波を受信する。効率がよい。

時間：
衛星数：
ただし

解析：

スタティック

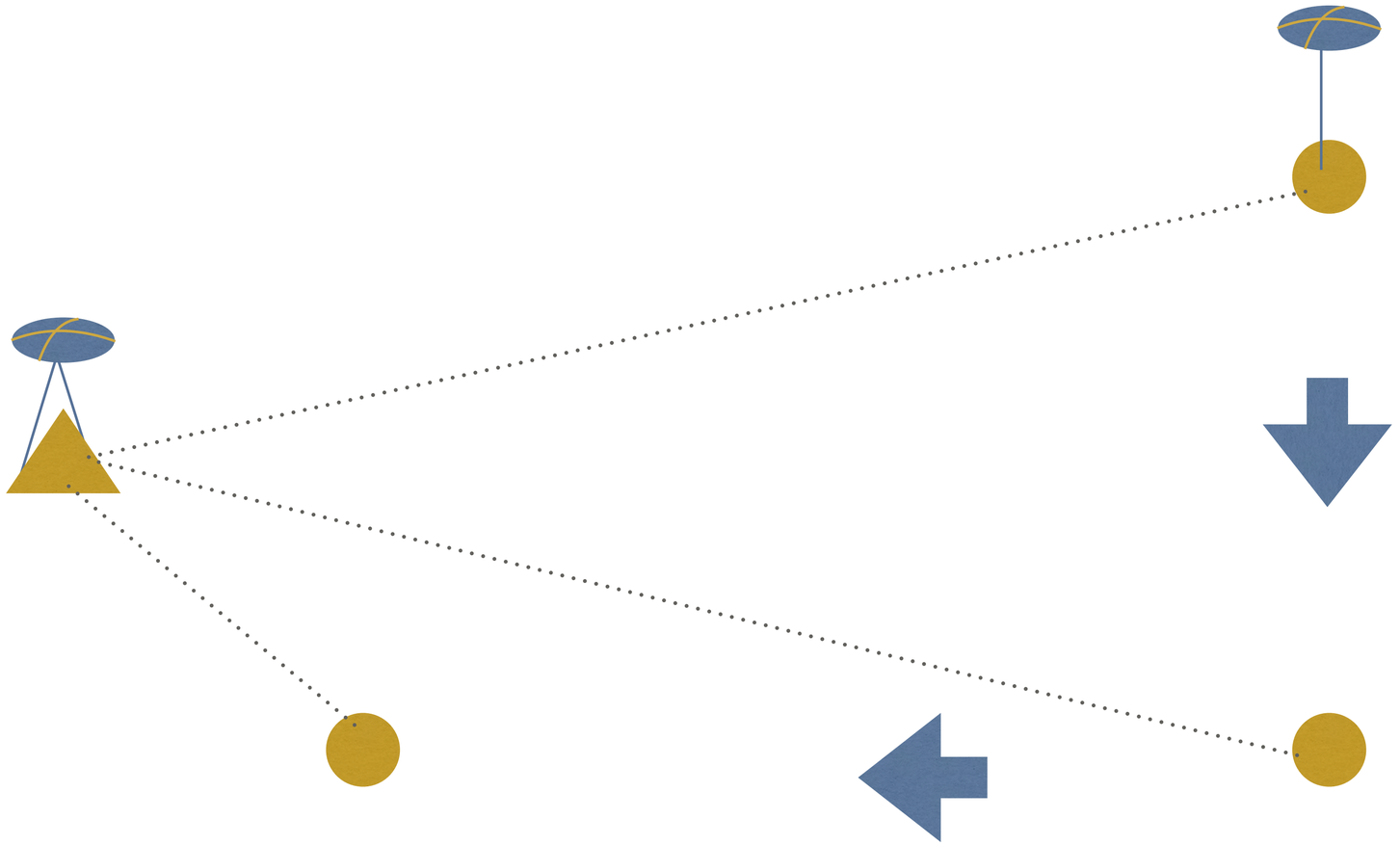
▲＝既知点●＝新点



※置きっぱなしで観測する。解析後は求められた基線ベクトルから既知点の座標を元に新点の位置を求める。

キネマティック

▲＝既知点●＝新点



※各点をアンテナが移動する。解析後は求められた基線ベクトルから既知点の座標を元に新点の位置を求める。

GNSSの分類４（スタティックと短縮スタティック）

スタティック

[　　]

すべての点にアンテナを固定し電波を受信する。

観測時間を短くする代わりに、

観測できる衛星数を増やす必要がある。高精度。

時間：

衛星数：

ただし

解析：

GNSSの分類５（キネマティックとRTK）

キネマティック

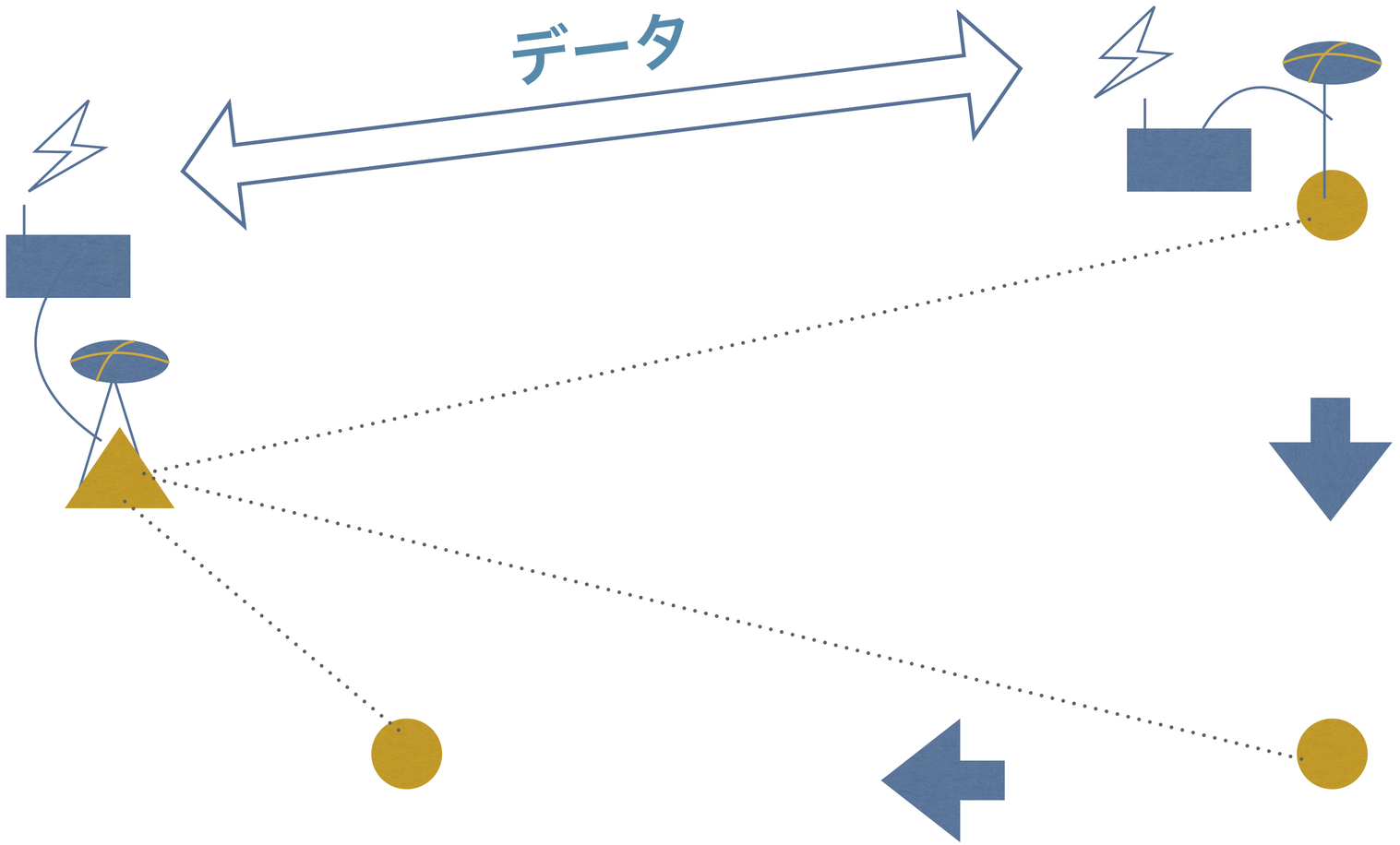
[　　]

１台のアンテナを固定しもう一台で他の点を移動しながら各点で電波を受信する。受信機間を無線で接続しリアルタイムで位置を割り出す。

時間：
衛星数：
ただし
解析：

RTK

▲＝既知点●＝新点



※各点をアンテナが移動する。無線でデータをやりとりし、基線解析をしてその場で新点の位置がわかる。

GNSSの分類（RTKとネットワーク型RTK）

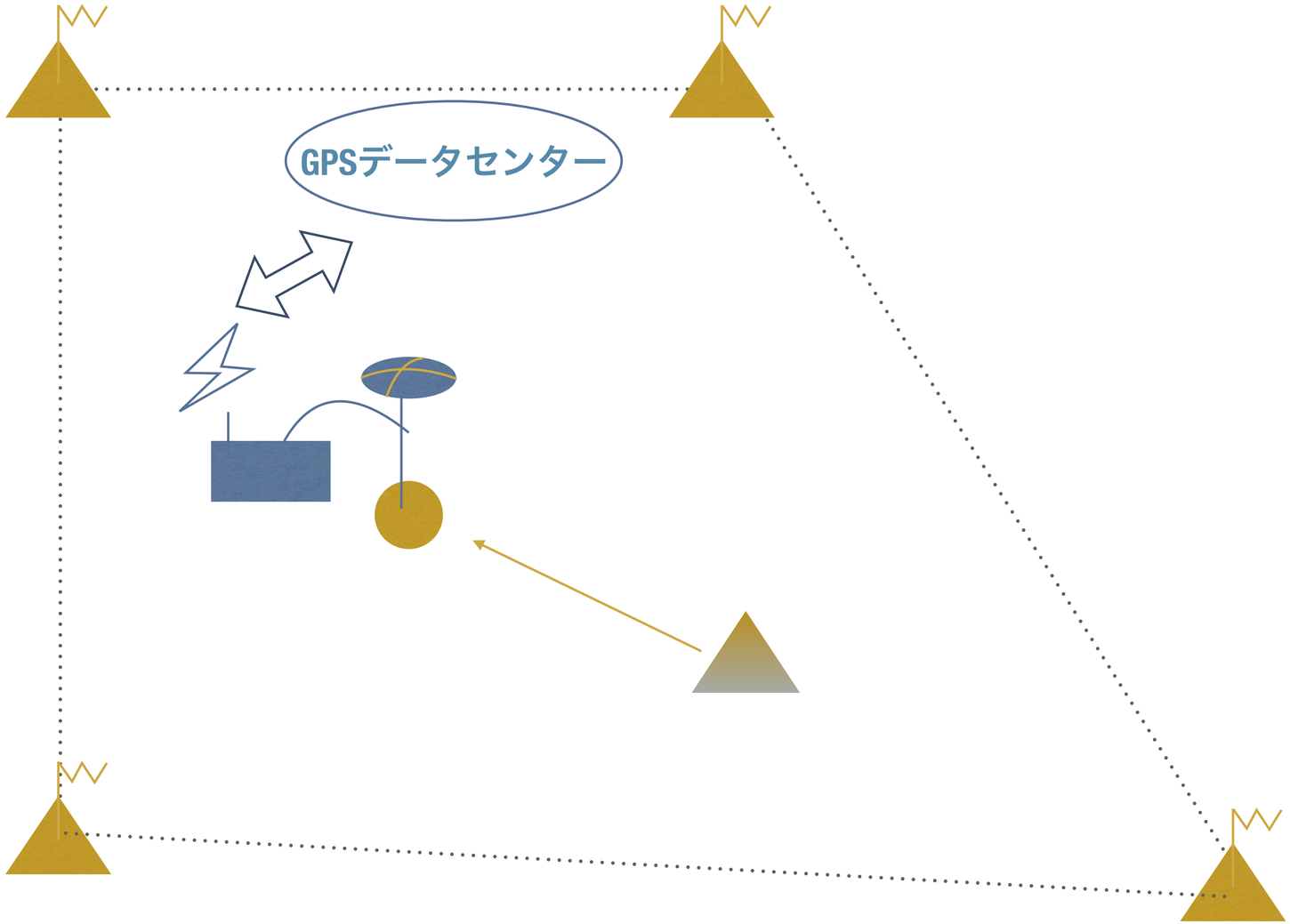
RTK

[　　]

電子基準点に囲まれた区域内で、インターネットからの電子基準点のリアルタイムデータを取得しアンテナ1台で位置を求める。[　　]環境（データプロバイダ契約等）が必要。[　　]と[　　]の2つの方式がある。

時間：
衛星数：
ただし
解析：
特殊条件：

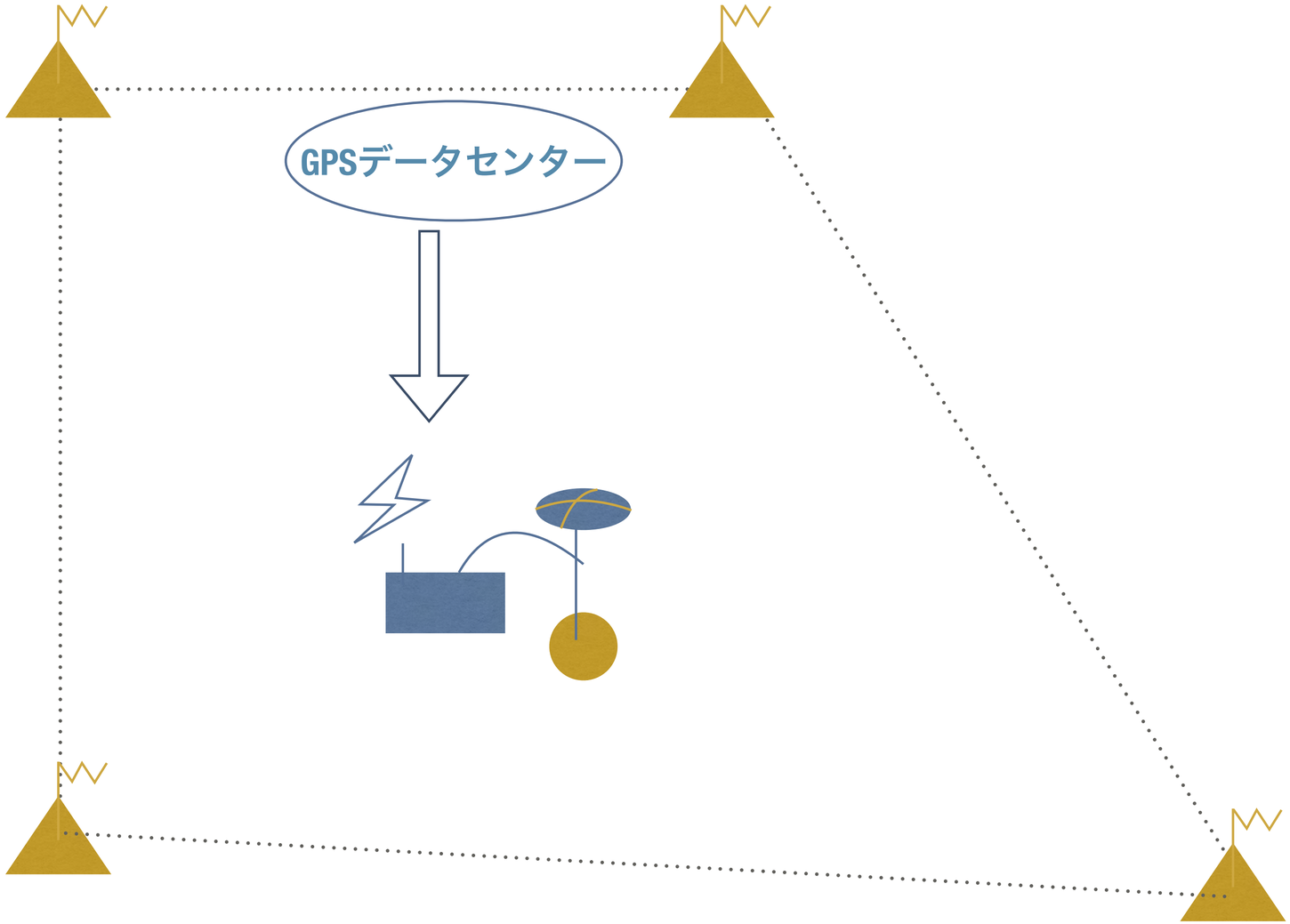
ネットワーク型RTK（VRS方式）



▲＝既知点●＝新点

※区域内ならどこでも位置がわかる。電子基準点の情報から仮想の基準点を作り、そこからの位置関係を求めている。

ネットワーク型RTK（FKP方式）



▲＝既知点●＝新点

※区域内ならどこでも位置がわかる。電子基準点の情報からおおまかな位置を割り出し、GPSデータセンタからインターネット経由で位置情報の補正を受けて位置関係を求めている。こちらは後処理が可能！

基準点測量　8

GNSS(GPS)測量の誤差

全世界的航法衛星システム

この学習で身につけたいこと

PCV補正

電離層・対流圏の概念と誤差の無くし方

※２周波GPSと標準大気モデル

GNSS測量の精度が良い時はどんな時か？

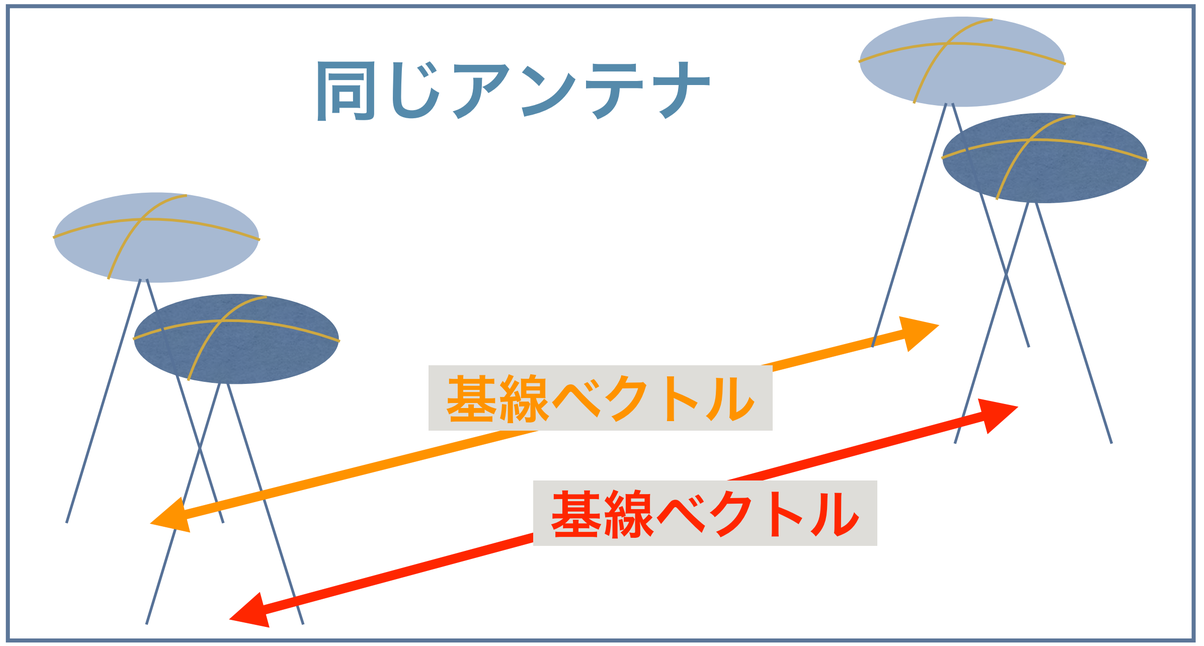
PCV補正

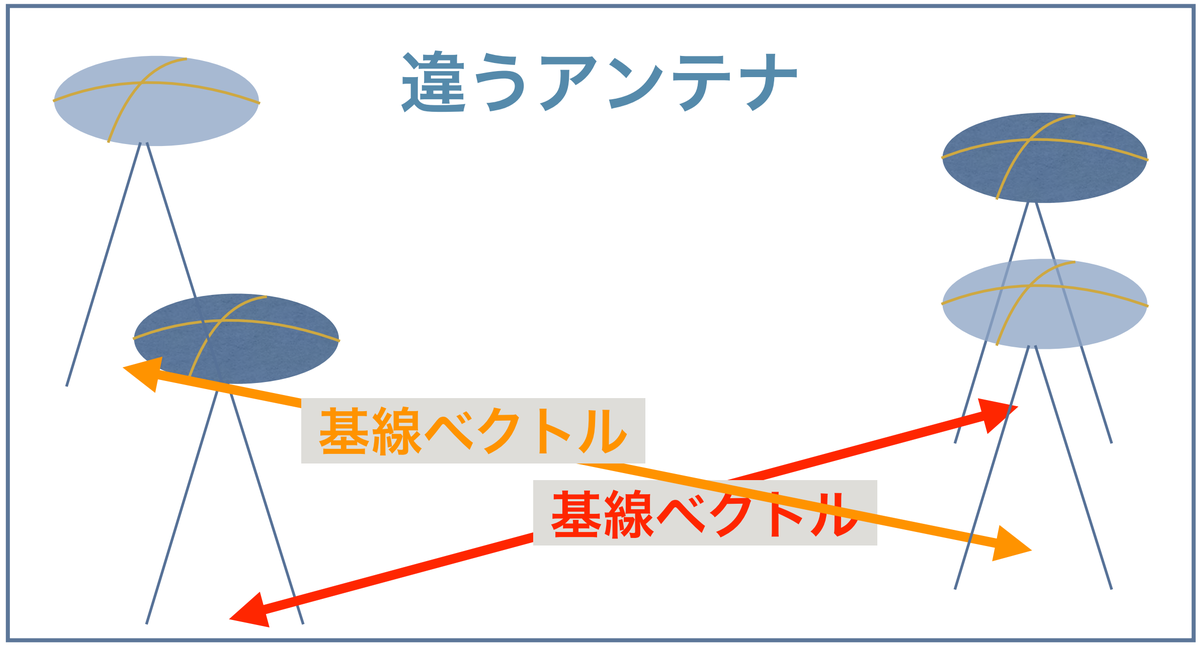
○「　　」において、「　　」のアンテナで得た数値を元に基線解析する場合に必要な補正。通常は行う。

○以前はアンテナ定数（アンテナオフセット）補正を行っていたが、異なる機種のアンテナでの観測が増え、精度が確保しにくくなったためPCV補正を行うようになった。

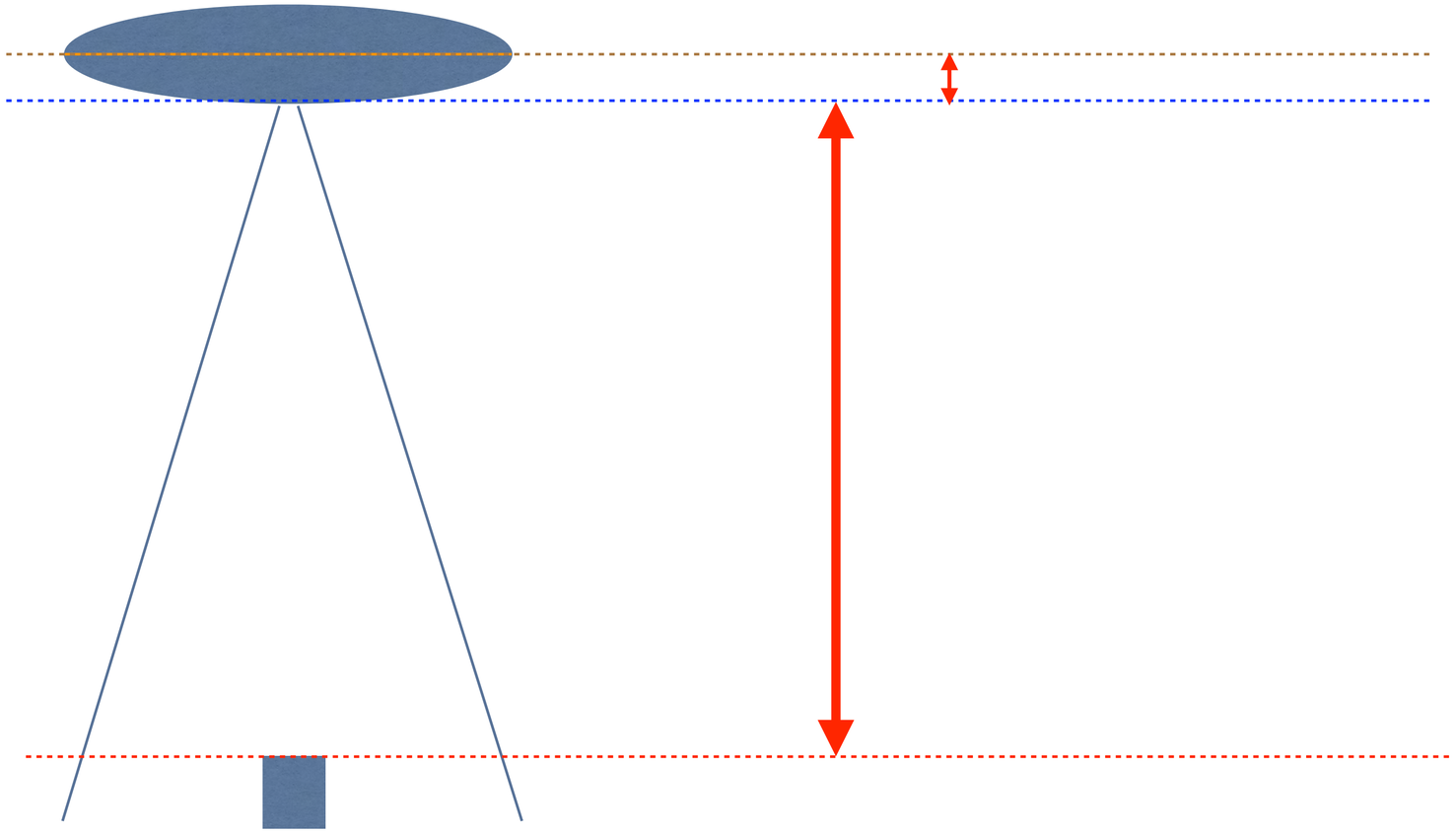
原因

衛星からの「　　」によって受信位置が変化するから。同じ機種なら同じだけズレるので問題ないが機種が違うと観測した位置関係にズレが生じる。この、機種特有のズレ方の特徴を「　　」という。

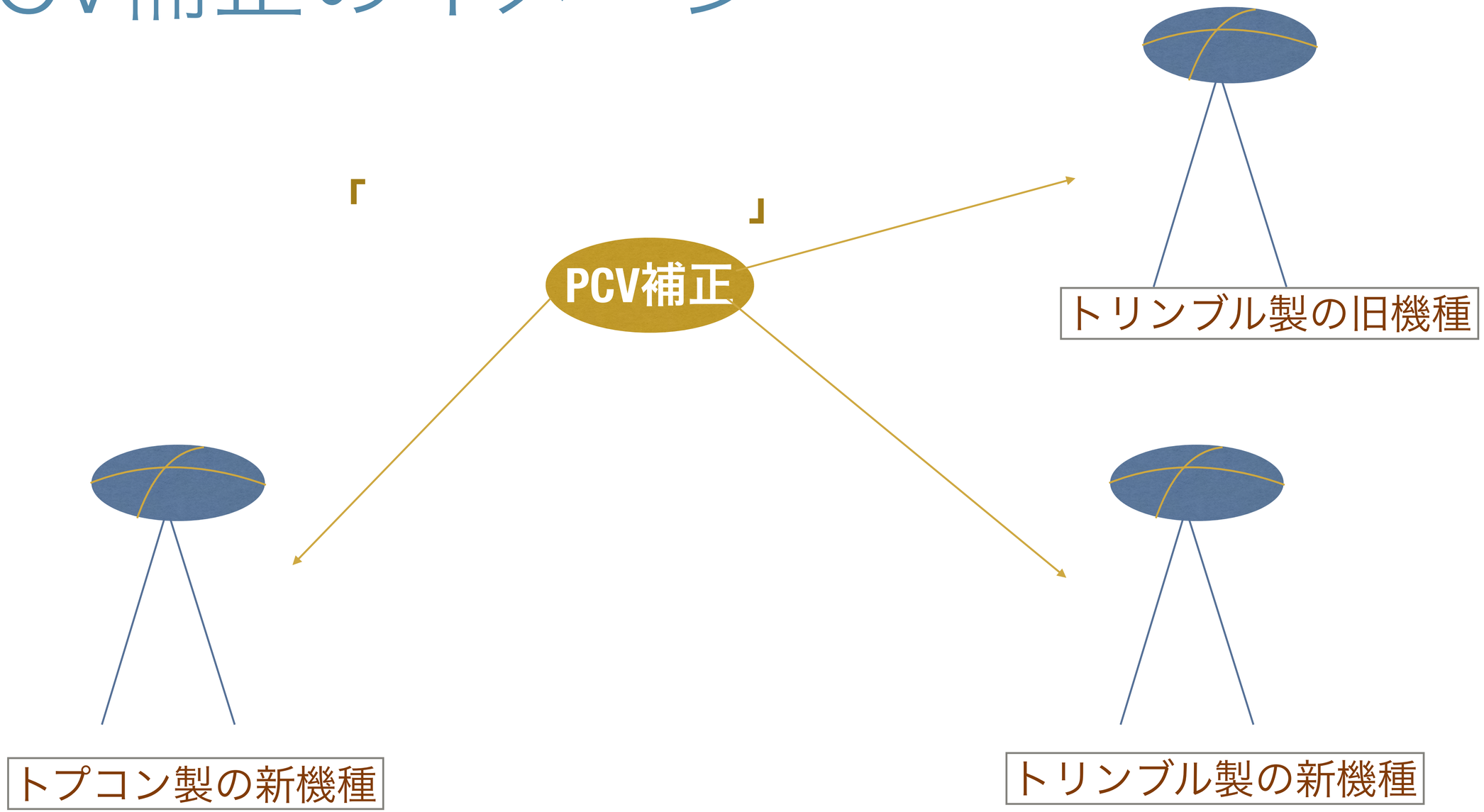




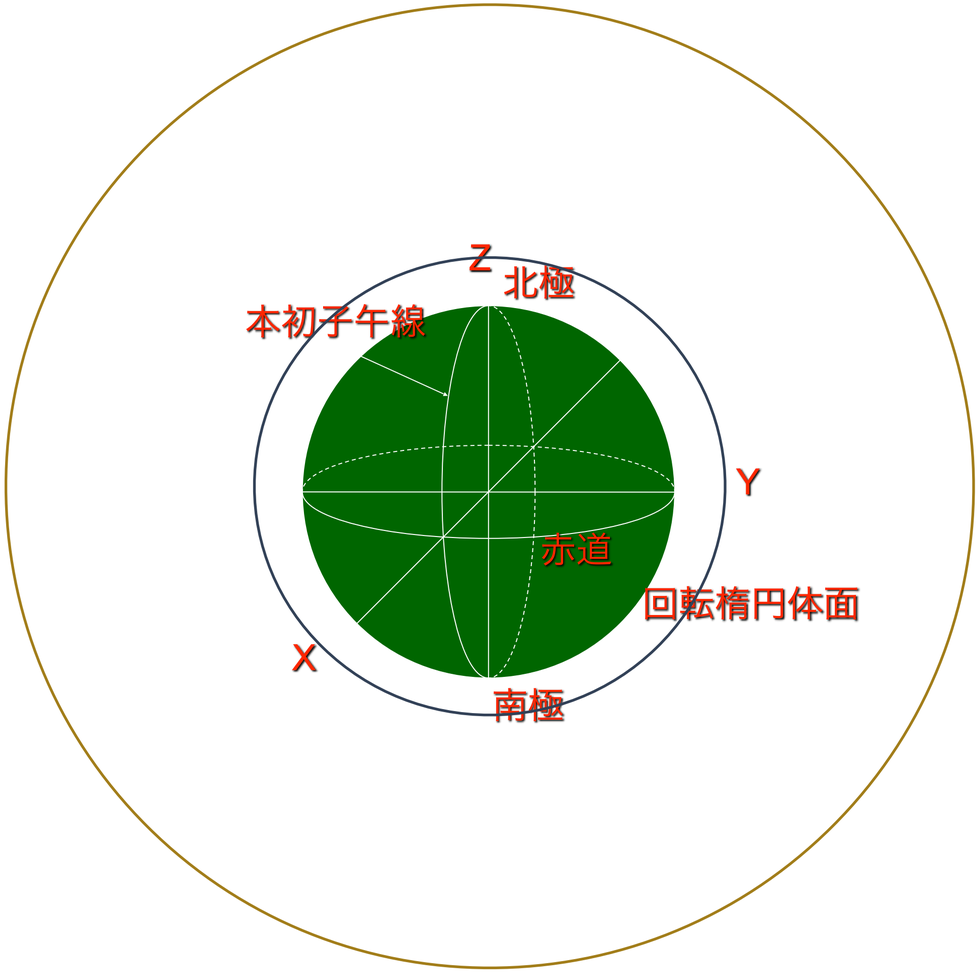
器械高



PCV補正のイメージ



電離層と対流圏

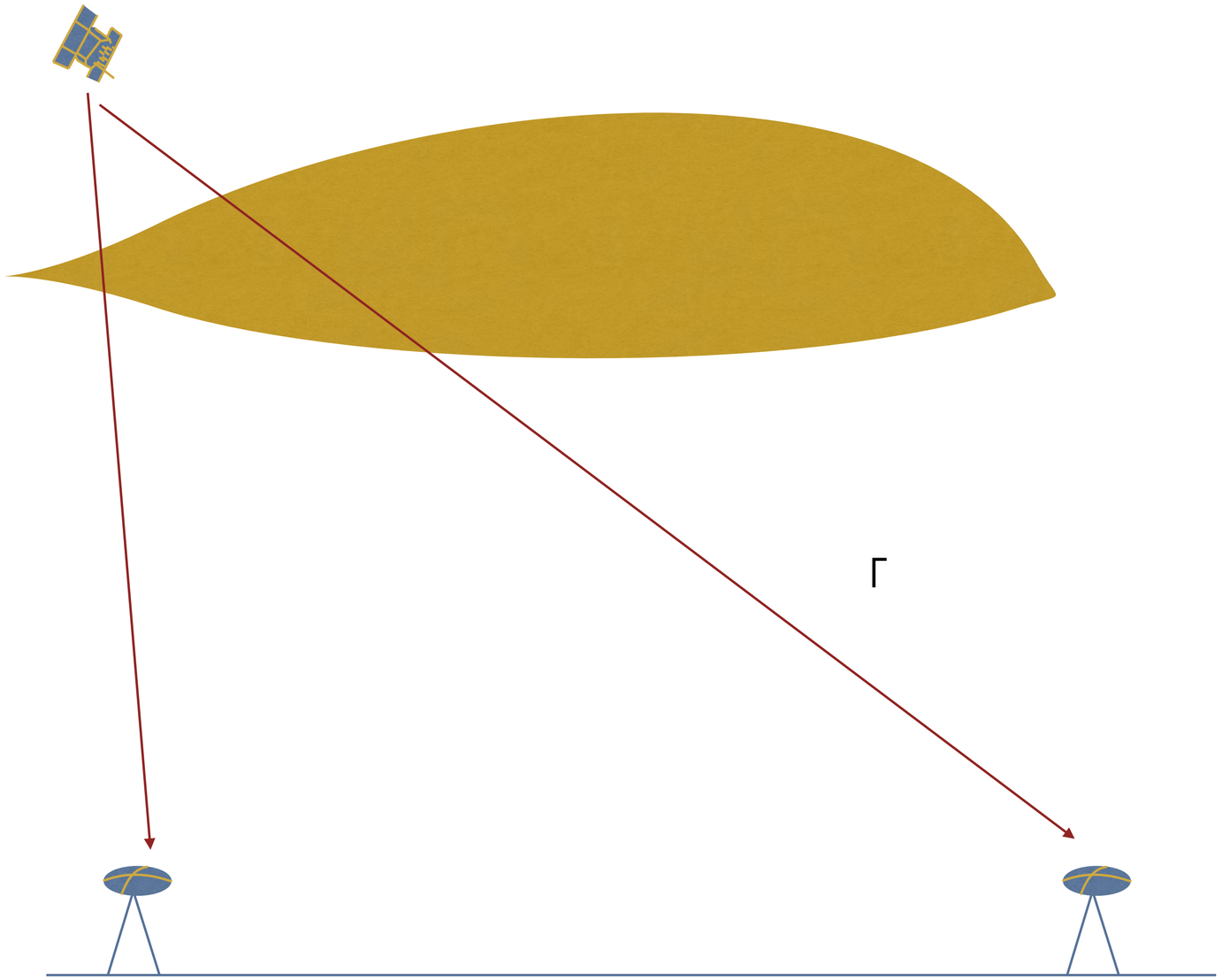


電離層

衛星は上空「　　」にある。

対流圏

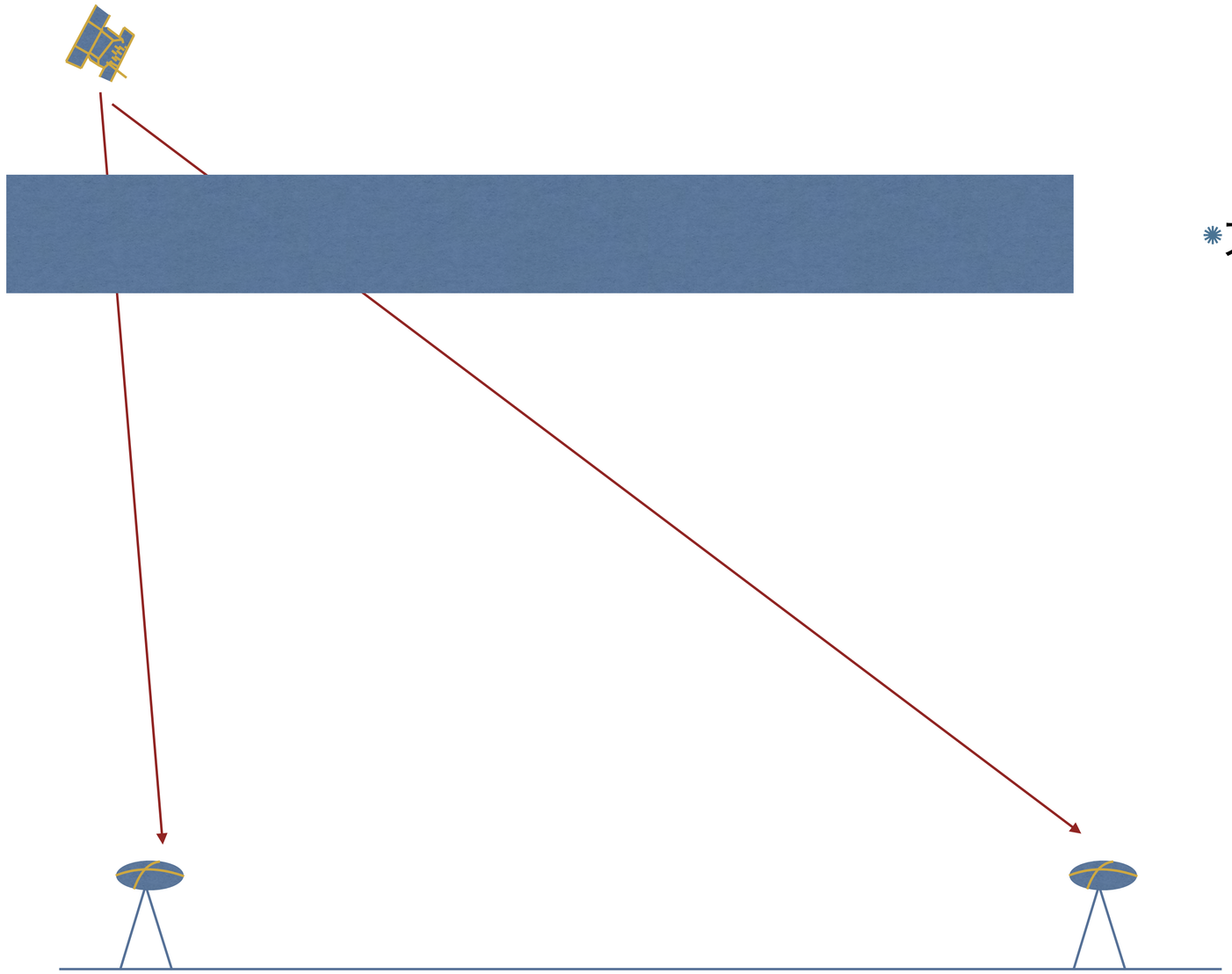
電離層による影響の補正



- 層の薄いところと厚いところを通る電波があるため異なる影響をうける。
- 二点間が「　　」以上離れていれば対策が必要

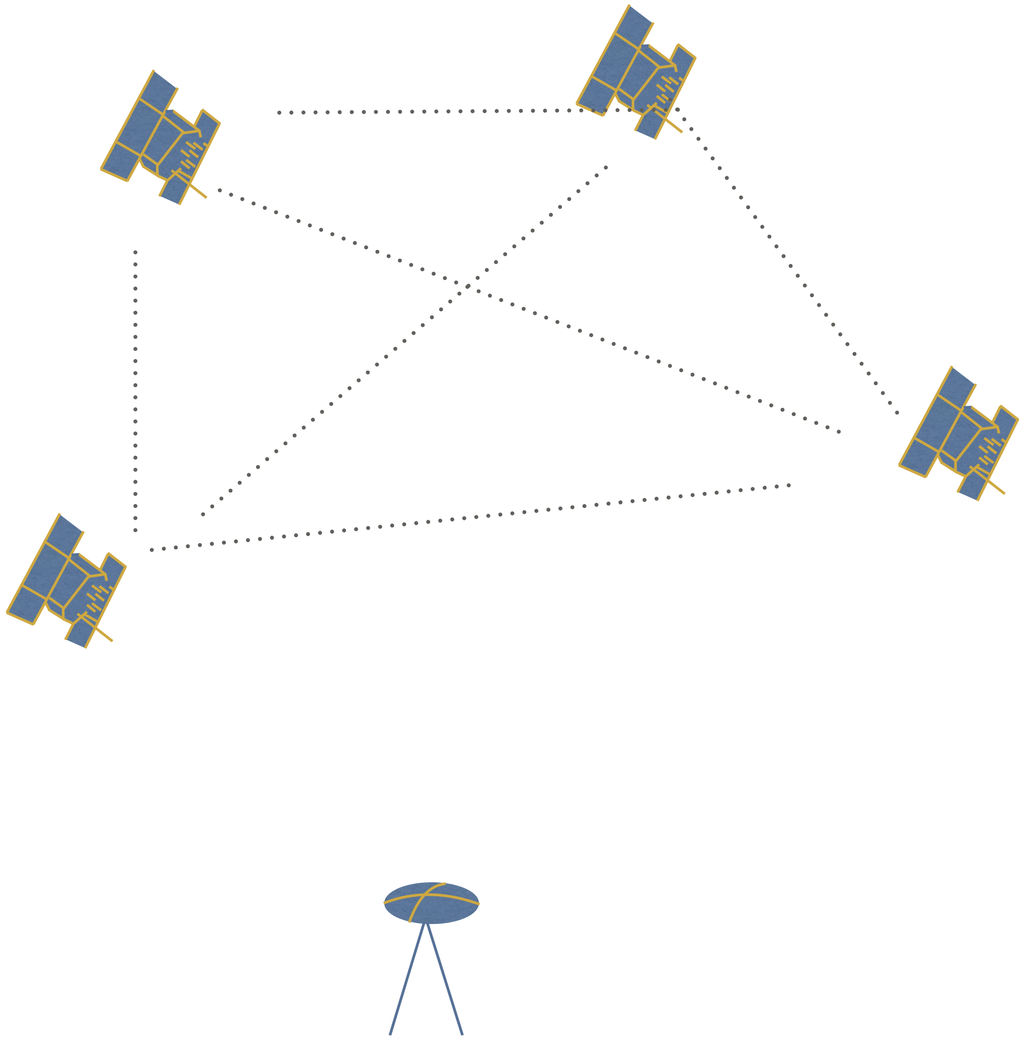
「　　」GNSS受信機を使用する

対流圏による影響の補正



- 大気の厚さはほぼ一定

GNSS測量の精度



○

○空気がきれいなほど精度が良い。
冬の夜がよい。

基準点測量　9

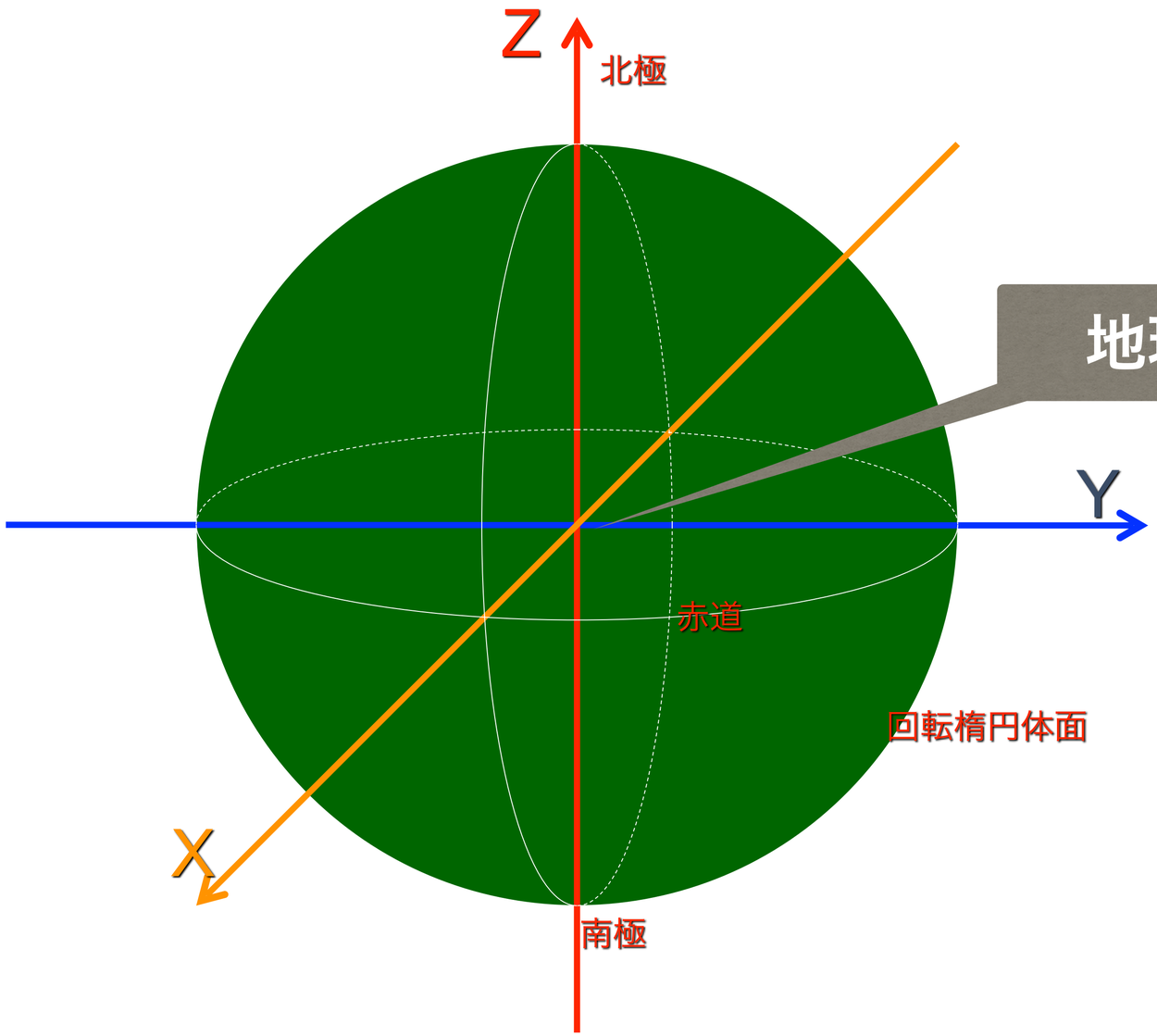
基線ベクトルのXYZ成分

地心直交座標

この学習で身につけたいこと

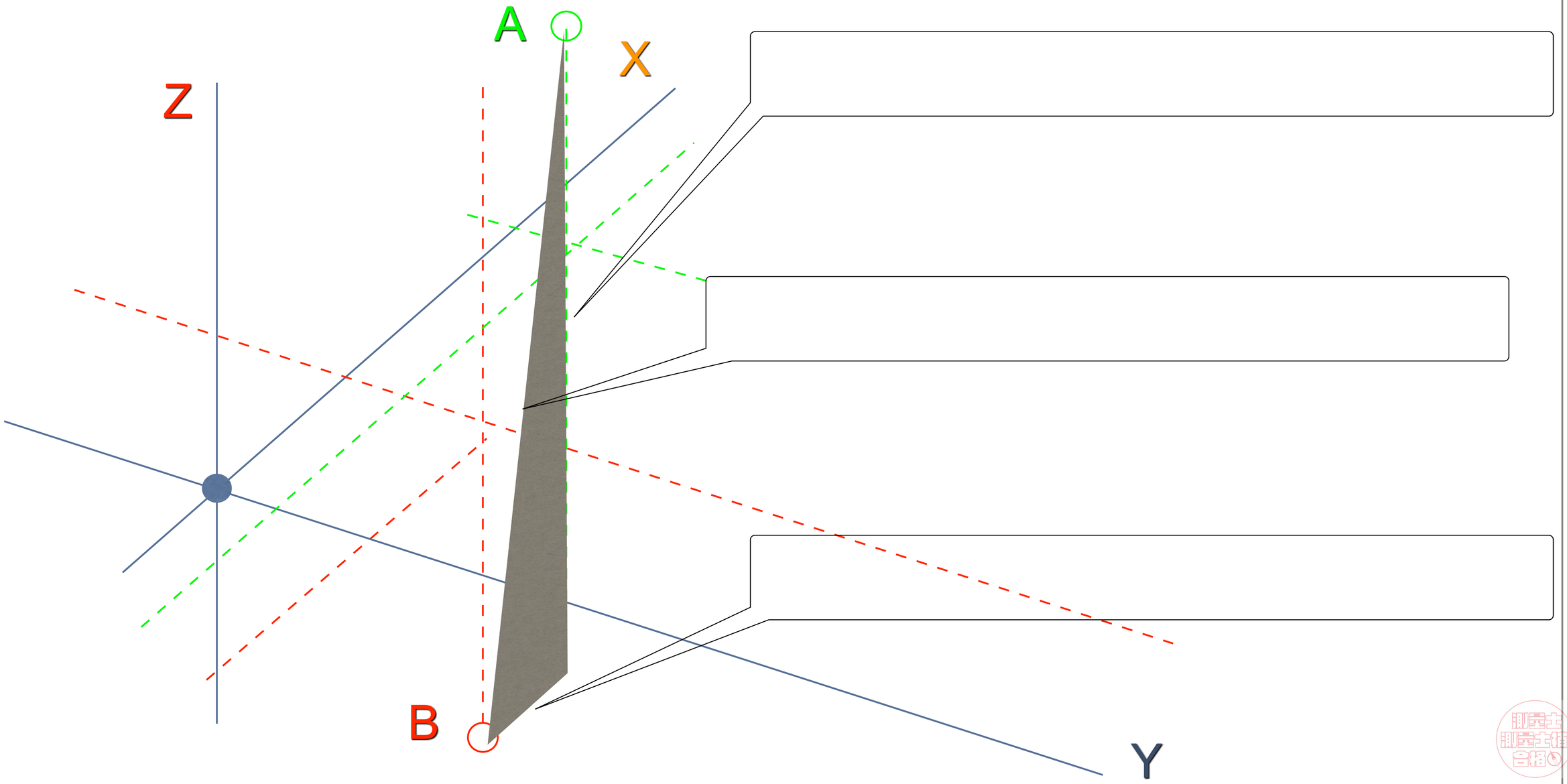
基線ベクトルのXYZ数値から二点間の位置関係（斜距離）を計算できる。

地心直交座標とは？



地球の中心が原点（XYZが０）

基線ベクトル＝二点間の位置関係



基線ベクトルの求め方

1.

2.

三平方の定理を使います。

例題

GNSS 測量機を用いた基準点測量を行い、基線解析により基準点Aから基準点Bまでの基線ベクトルを得た。表は、地心直交座標系におけるX軸、Y軸、Z軸方向について、それぞれの基線ベクトル成分(⊿X、⊿Y、⊿Z)を示したものである。

基準点Aから基準点Bまでの斜距離は幾らか。

なお、関数の数値が必要な場合は、関数表を使用すること。

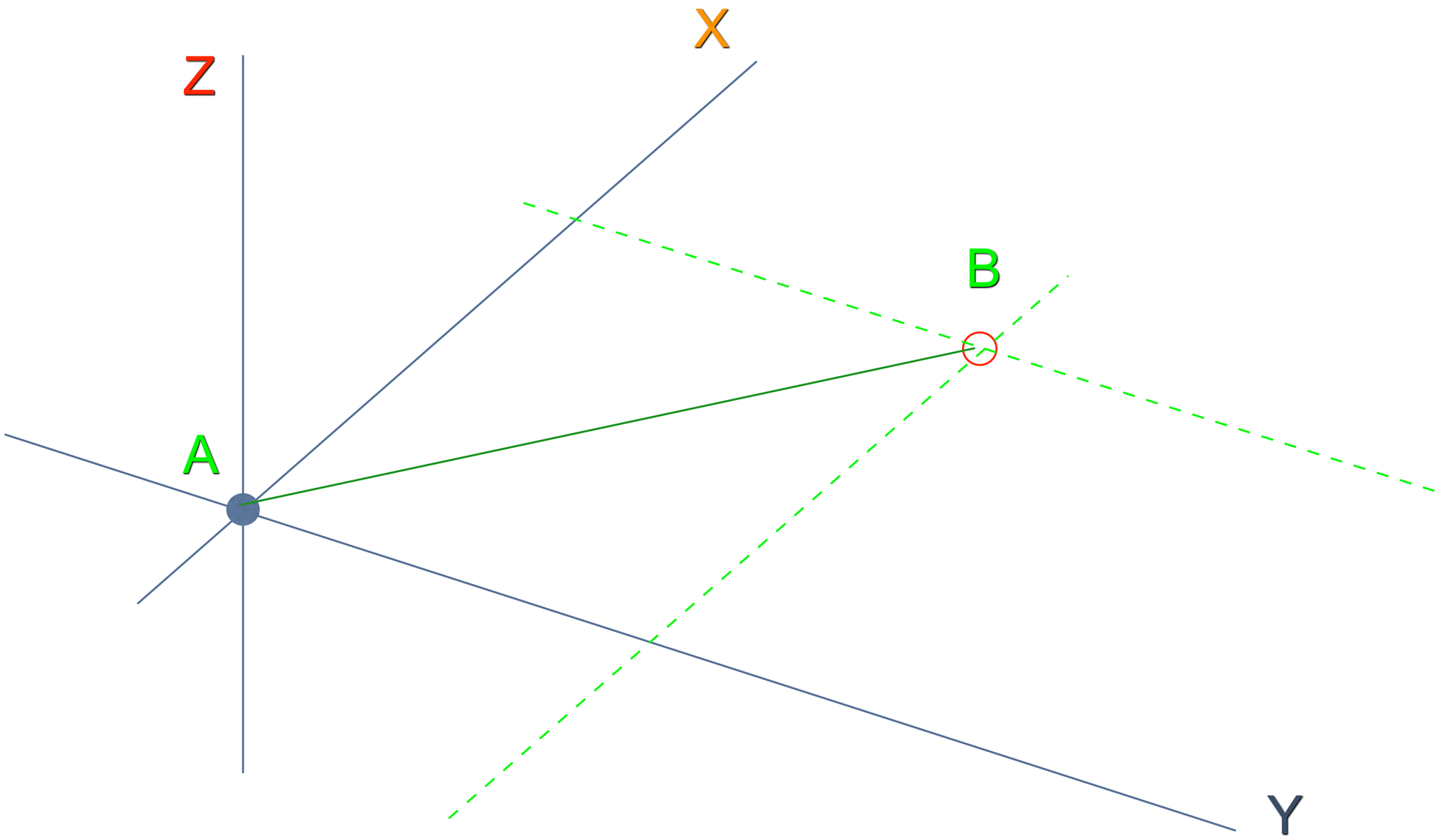
	⊿X	⊿Y	⊿Z
A	＋５００．０００m	－２００．０００m	－７００．０００m
B	＋１００．０００m	＋１００．０００m	－２００．０００m

１．XY座標値の差から平面上の距離を計算する。

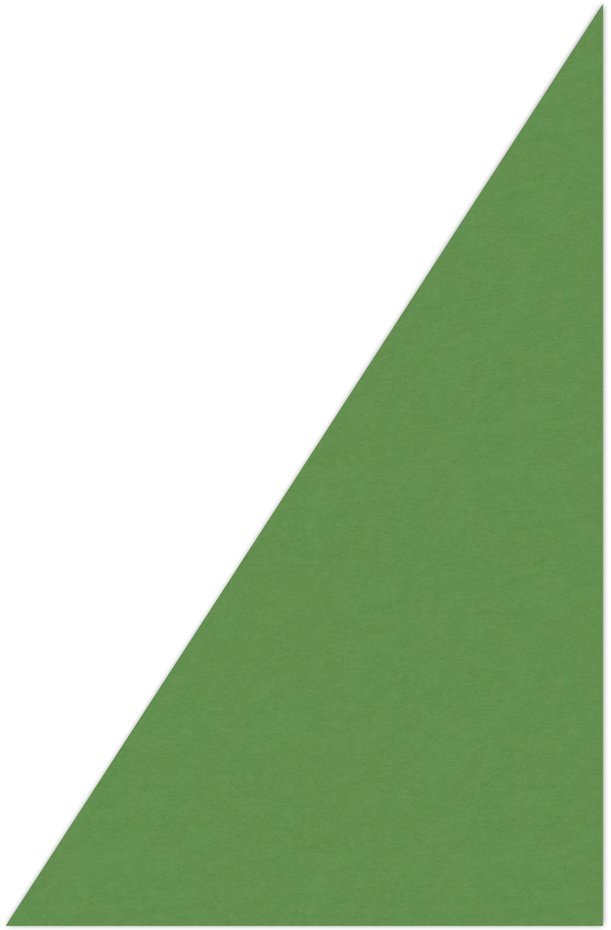
	⊿X	⊿Y
A	＋５００．０００m	－２００．０００m
B	＋１００．０００m	＋１００．０００m

X座標値の差

Y座標値の差


X
Z
B
A
Y

三平方の定理を使います。

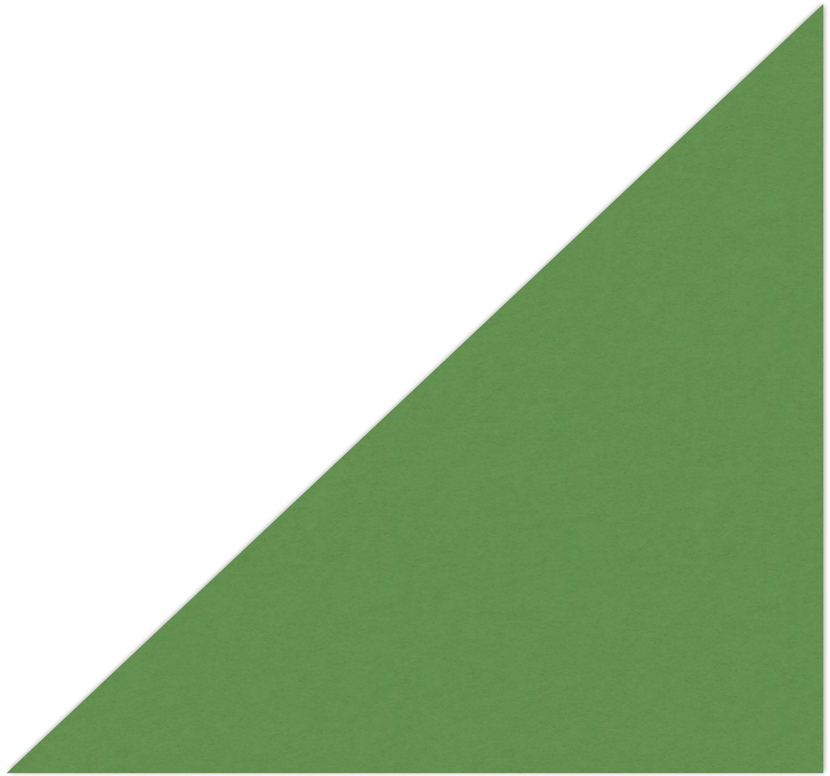


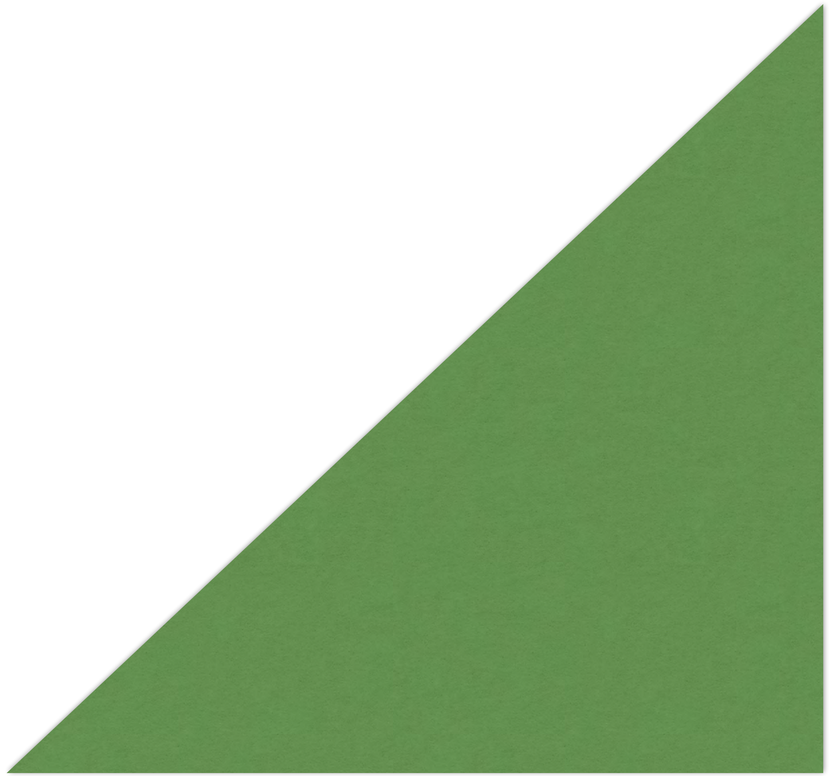
三平方の定理か三角関数を使います。

２．平面上の距離（５００m）とZ座標値の差から二点間の基線ベクトルを計算する。

	⊿Z
A	−７００．０００m
B	−２００．０００m

Z座標値の差





基準点測量　10

光波測距儀の仕組みと誤差

気象・定数・位相・致心

身につけたい知識

- 光波測距の原理
- 光波測距の誤差の種類
- 距離に比例する誤差しない誤差

光波測距儀とは

光波測距儀

距離と角度を測る

＋

セオドライト

角度を測る

→

トータルステーション

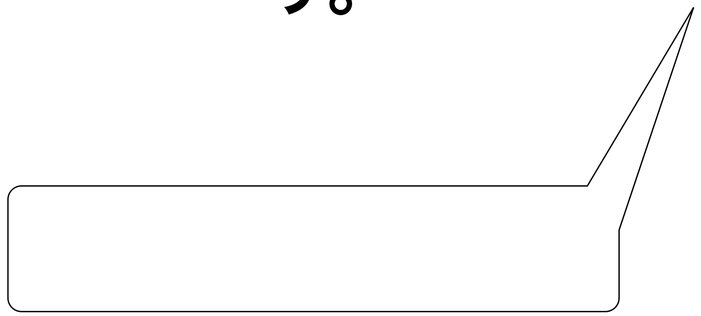
距離と角度を測る

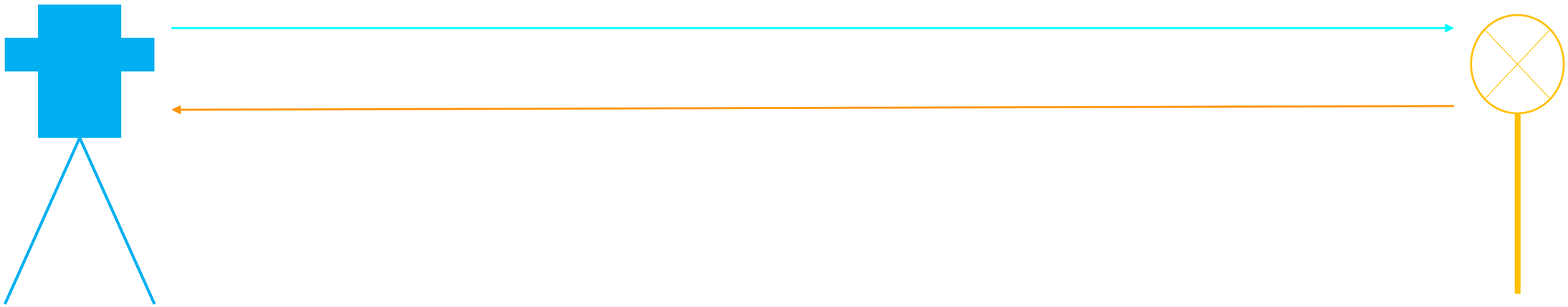
光で距離を測定する器械のこと。

現在はTSに組み込まれているものが普通

光波測距の原理

光を発射し、ミラーに反射して帰ってきた光を分析すると距離がわかります。

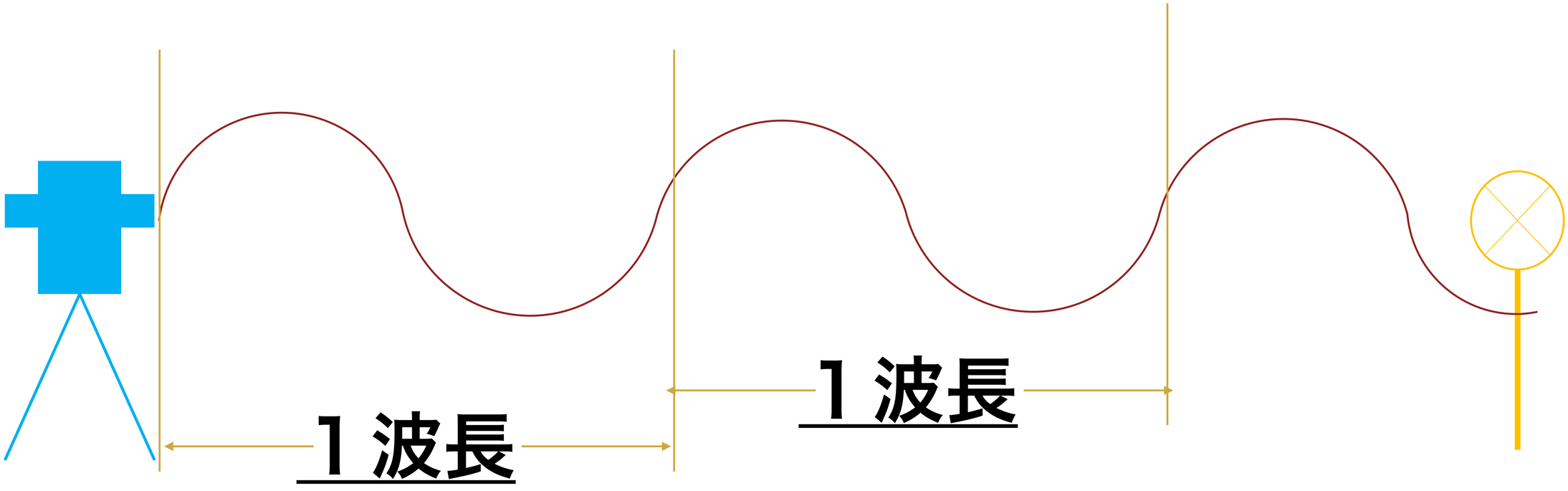




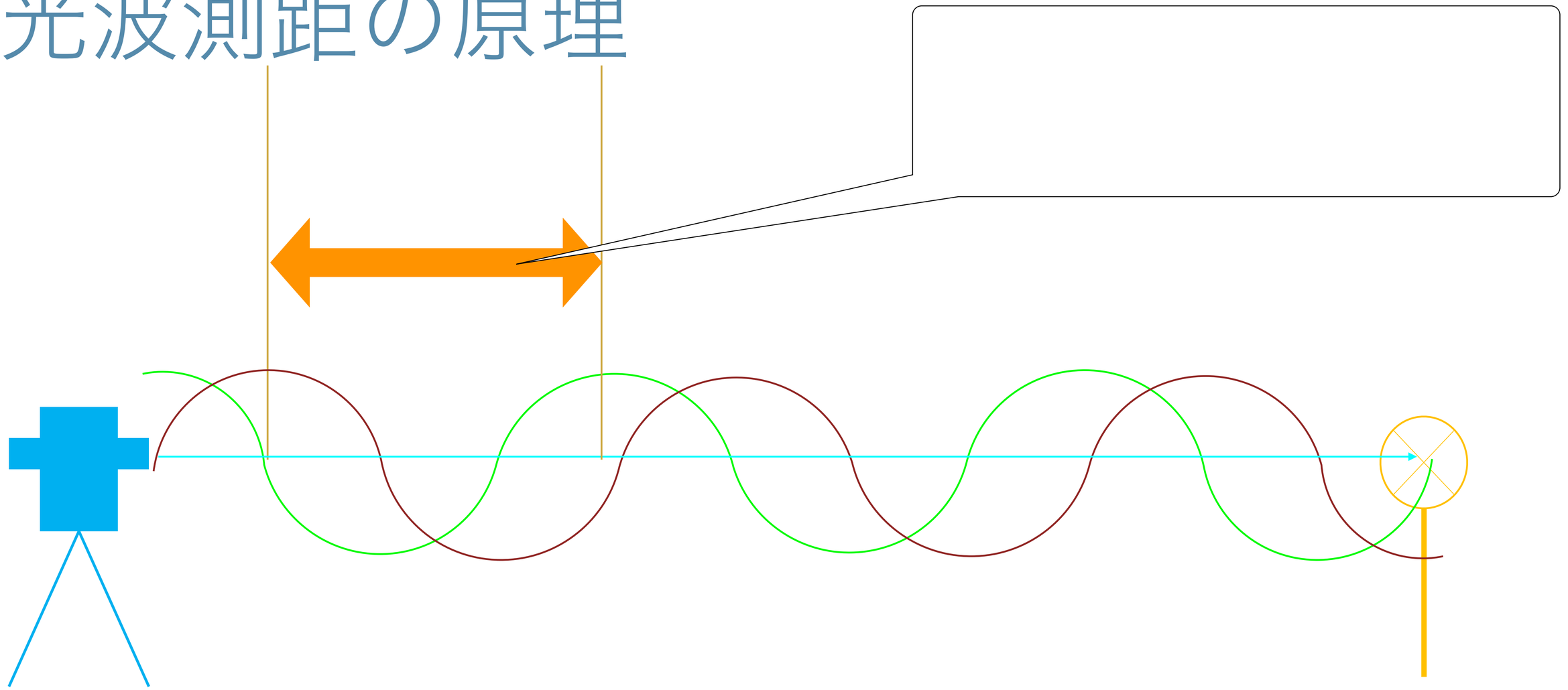
光波測距の原理

光は波です。波が一回上がって下がって同じ高さに戻ってくるまでの

距離を「　　」といいます。



光波測距の原理



が行き　　が帰り

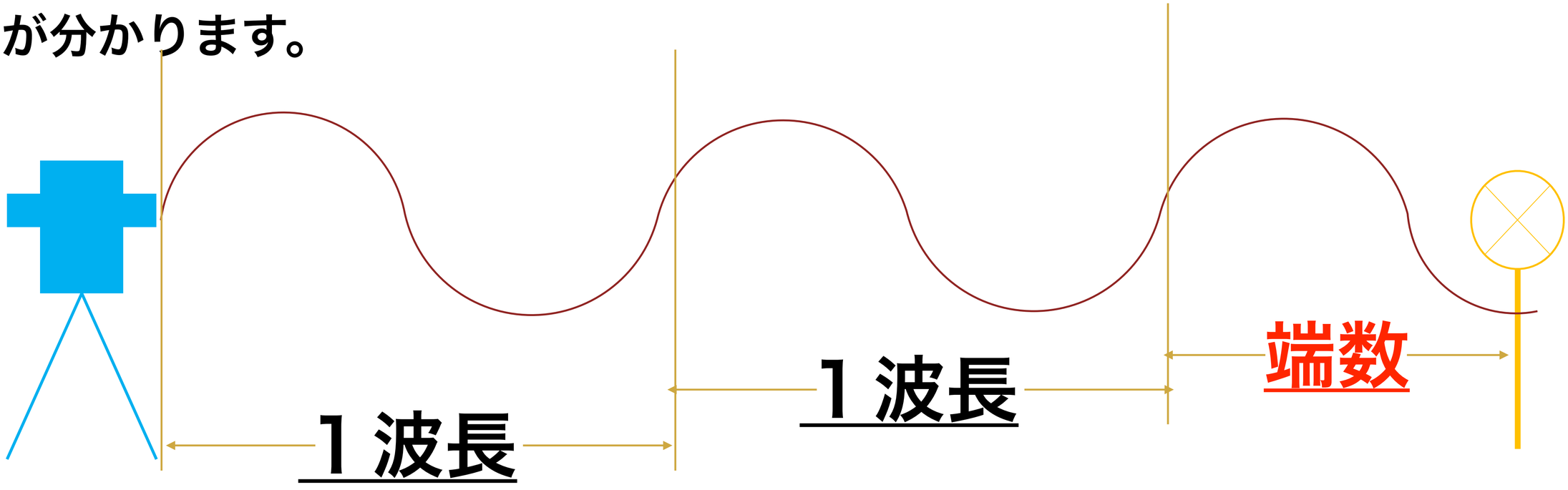
光波測距の原理

ミラーに反射して帰ってきた光の位相を分析すると

波打った回数

と

が分かります。



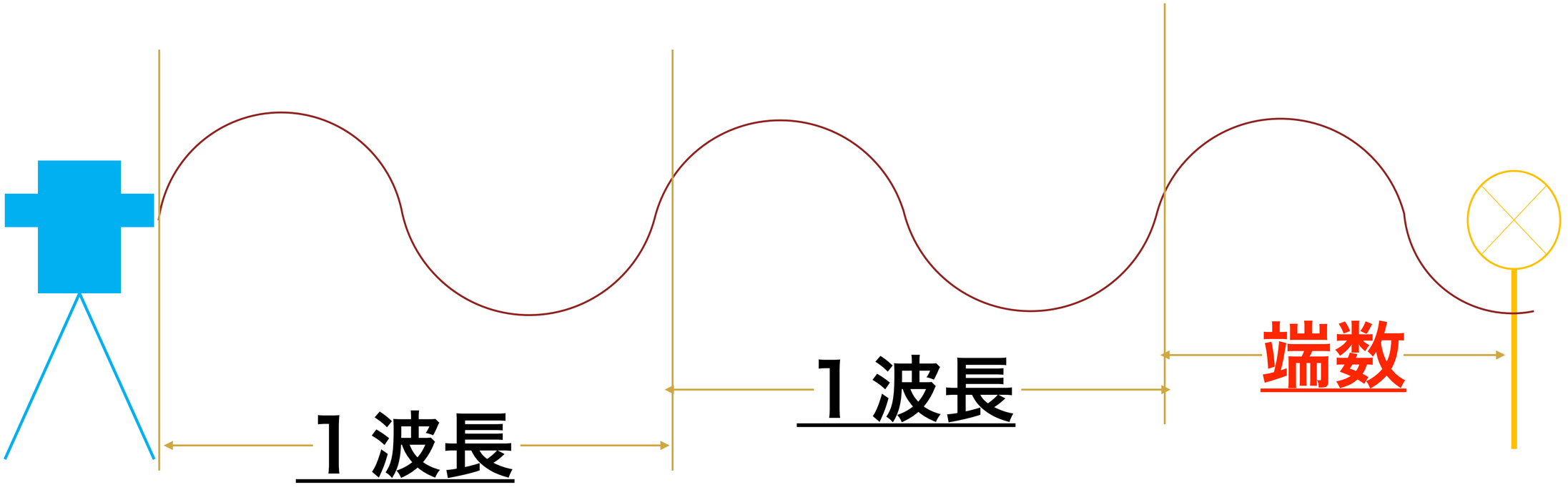
光波測距の原理

１波長の長さは器械で調節してわかっています。

２点間の長さは

「　　」でわかります。

この図場合二回波打ってますね。

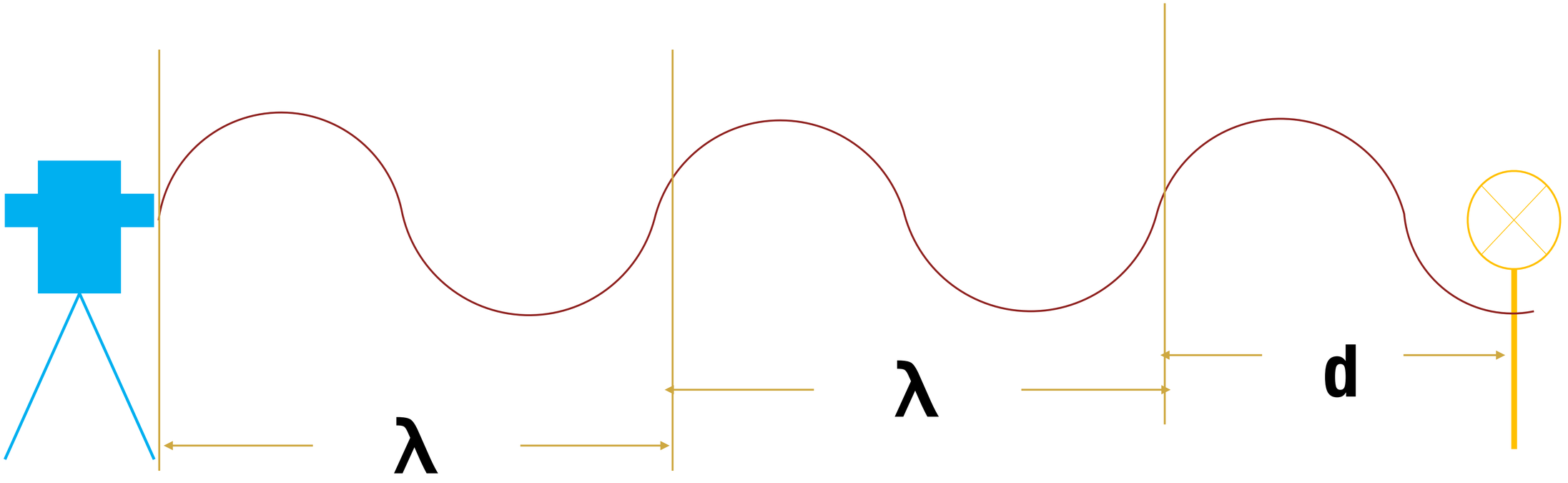


光波測距の原理

１波長の長さをλ、波打った回数をｎ、端数をdとすると

二点間の距離Dは

[　　]という感じです。



光波測距の誤差

・気象要素の測定誤差（気温・気圧・湿度）

・定数の誤差（器械・反射鏡）

・致心の誤差（器械・反射鏡）

・位相の測定誤差

・変調周波数の誤差

気象要素の測定誤差

気象要素の測定誤差に関する<u>補正値</u>の計算公式

⊿D:補正値　⊿t:「　　」の測定　⊿P:「　　」の測定　⊿e:「　　」の測定　D:測定距離

<u>距離に比例する</u>

気象要素の測定誤差

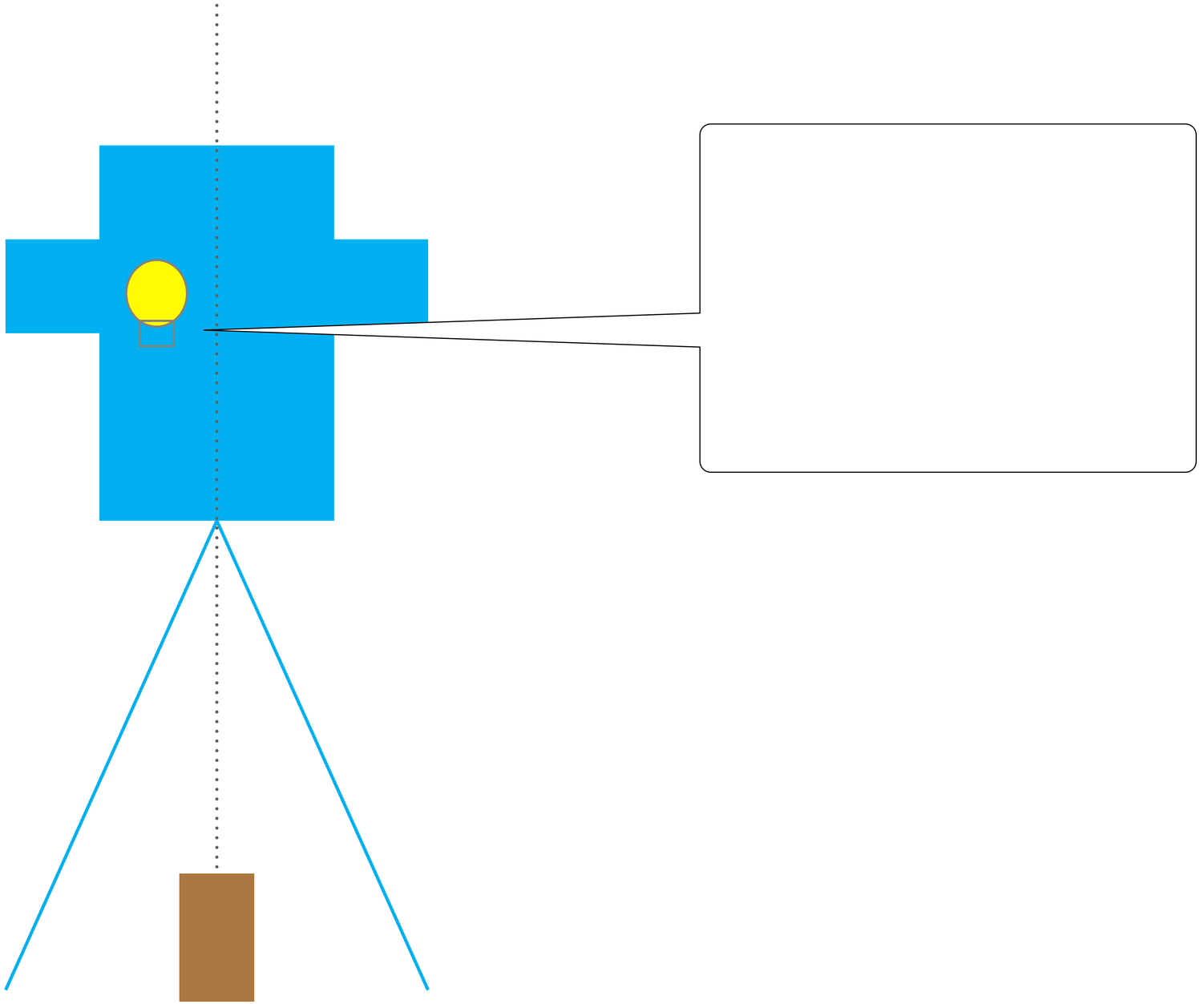
$$\Delta D=(+1.0\,\Delta t-0.3\,\Delta P+0.04\,\Delta e)\times D\times 10^{-6}$$

影響の大きさ　　＞　　＞

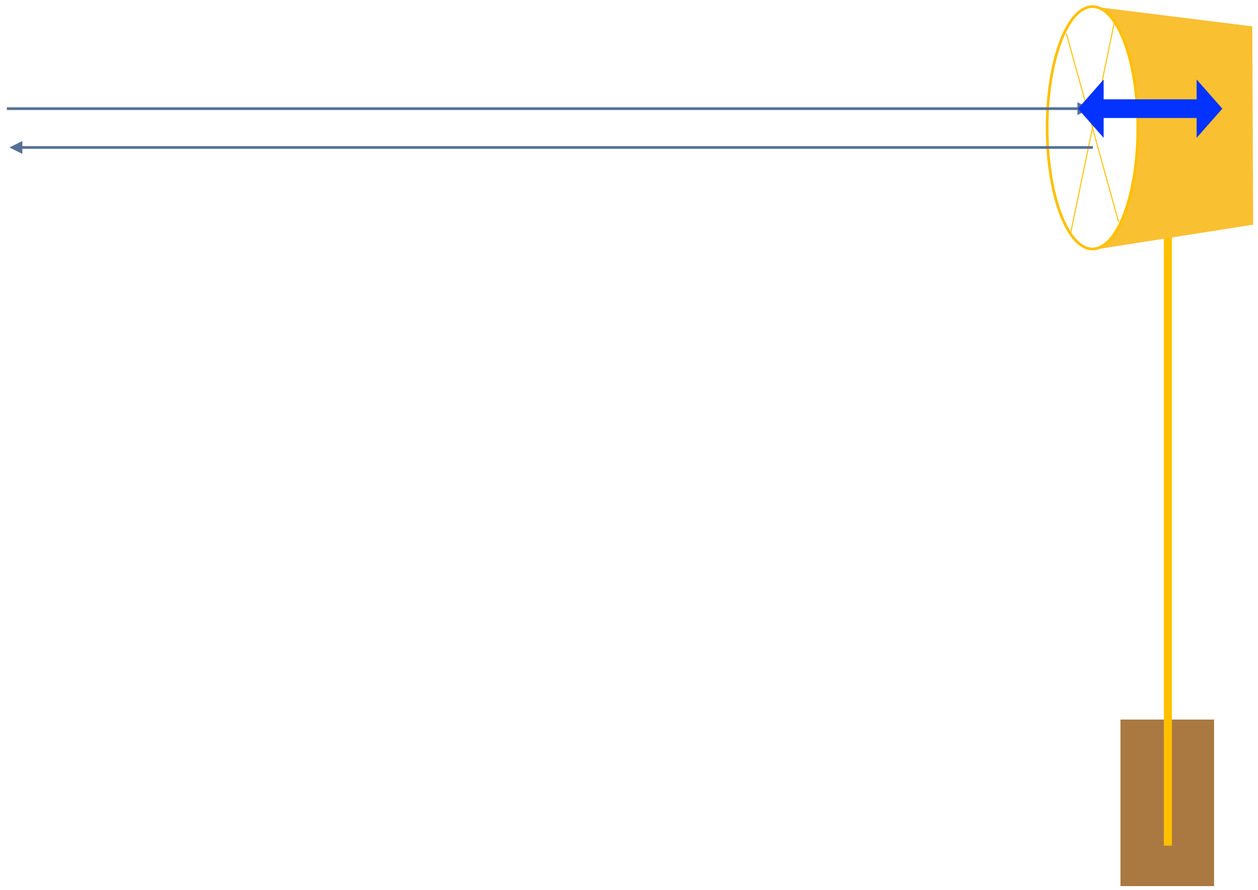
誤差の出方（大きく測った場合）

気温は－　気圧は+　湿度は-

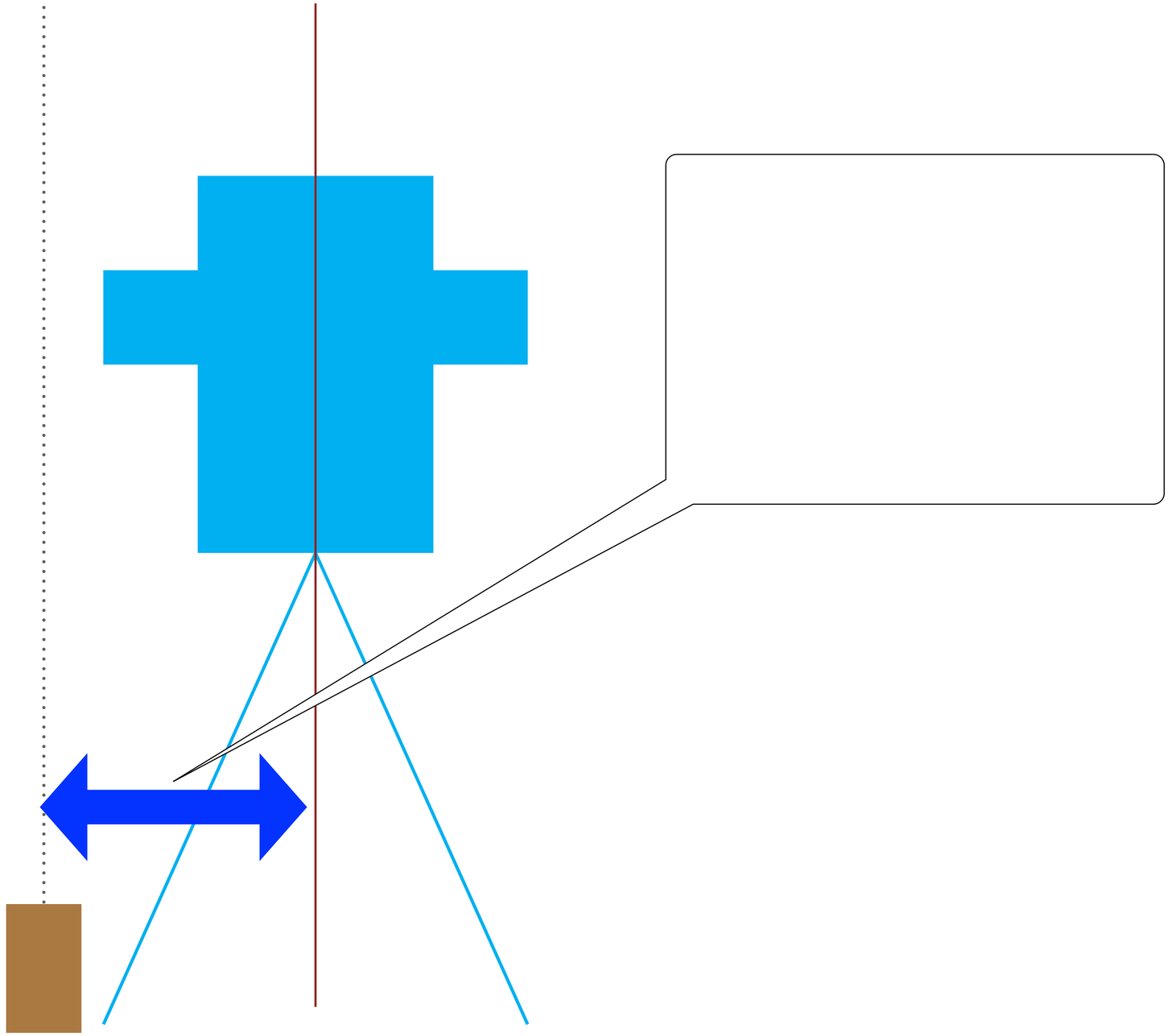
器械定数の誤差



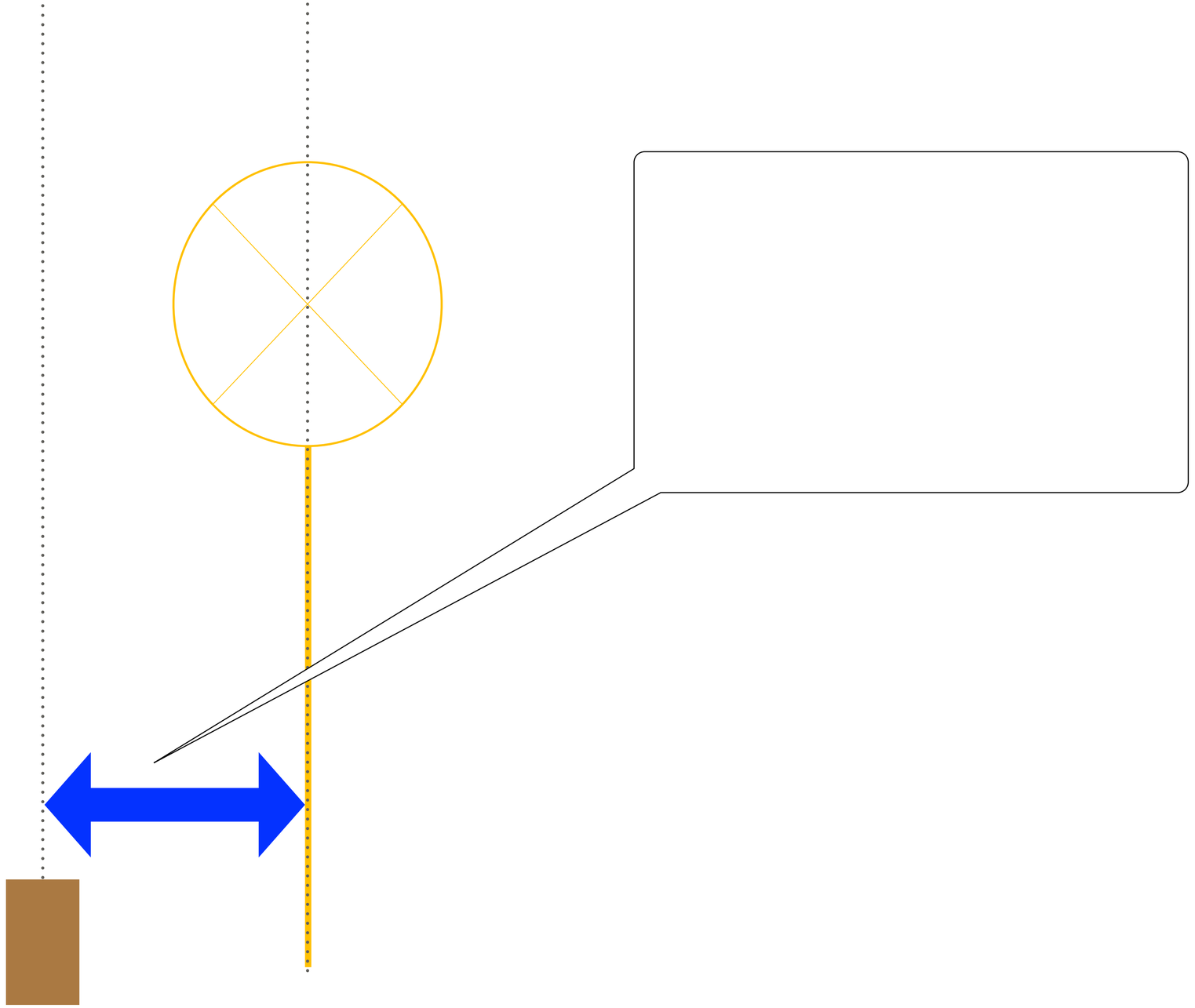
反射鏡定数の誤差



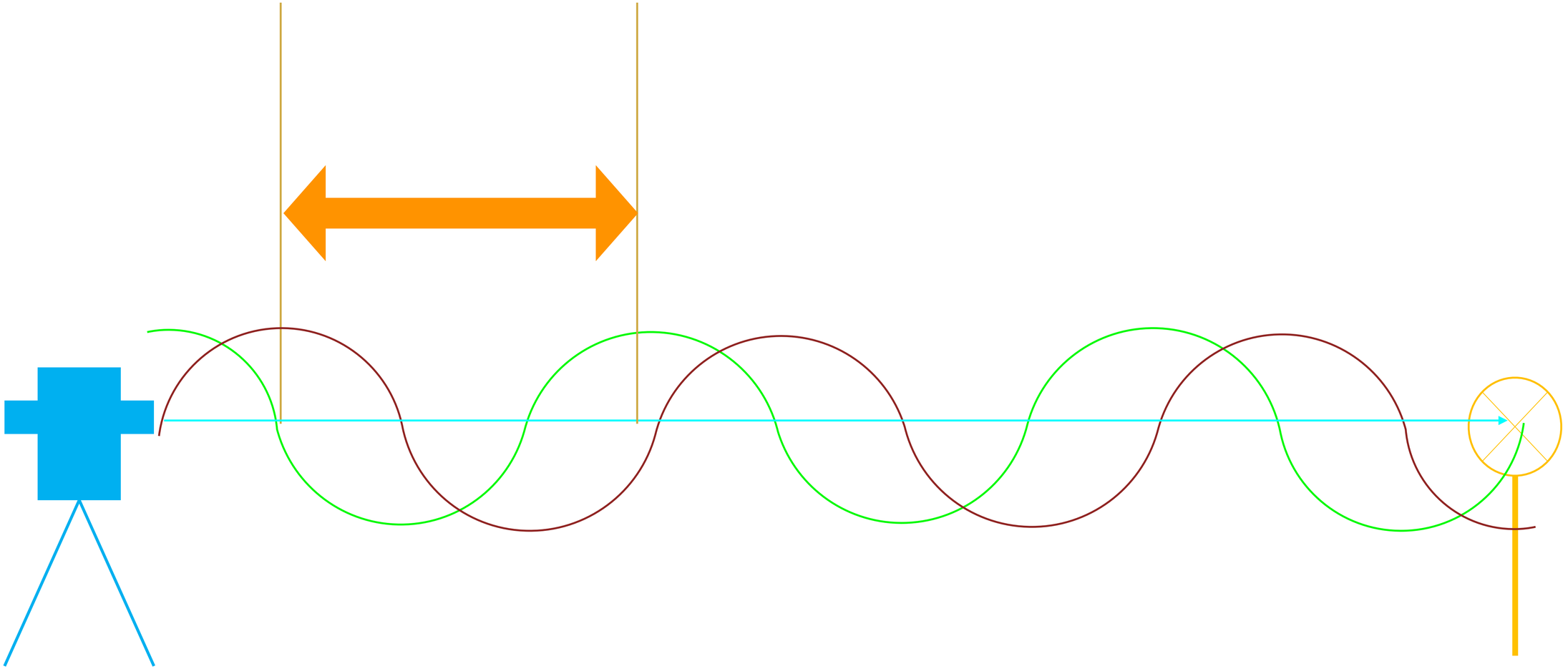
器械の致心誤差



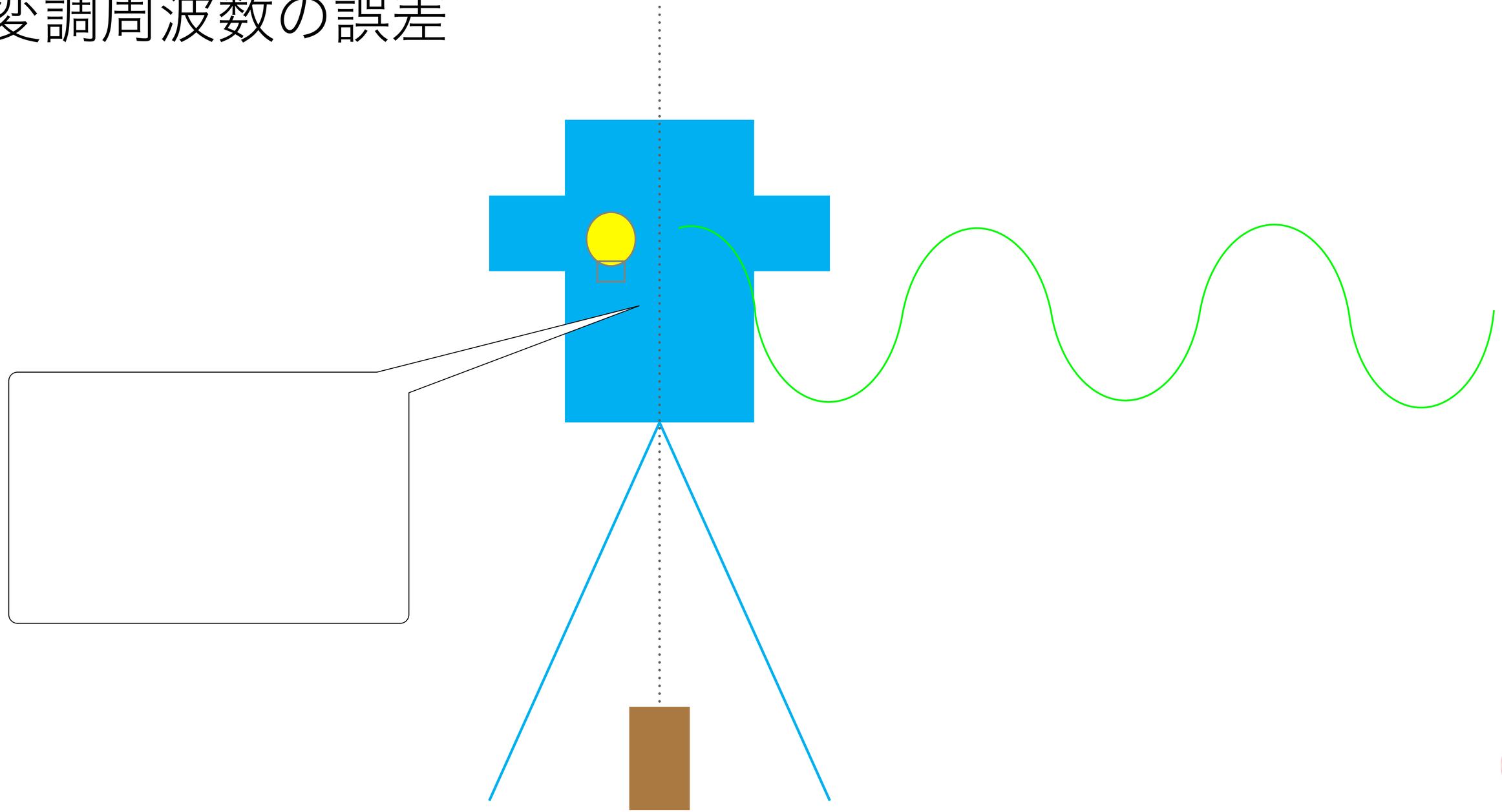
反射鏡の致心誤差



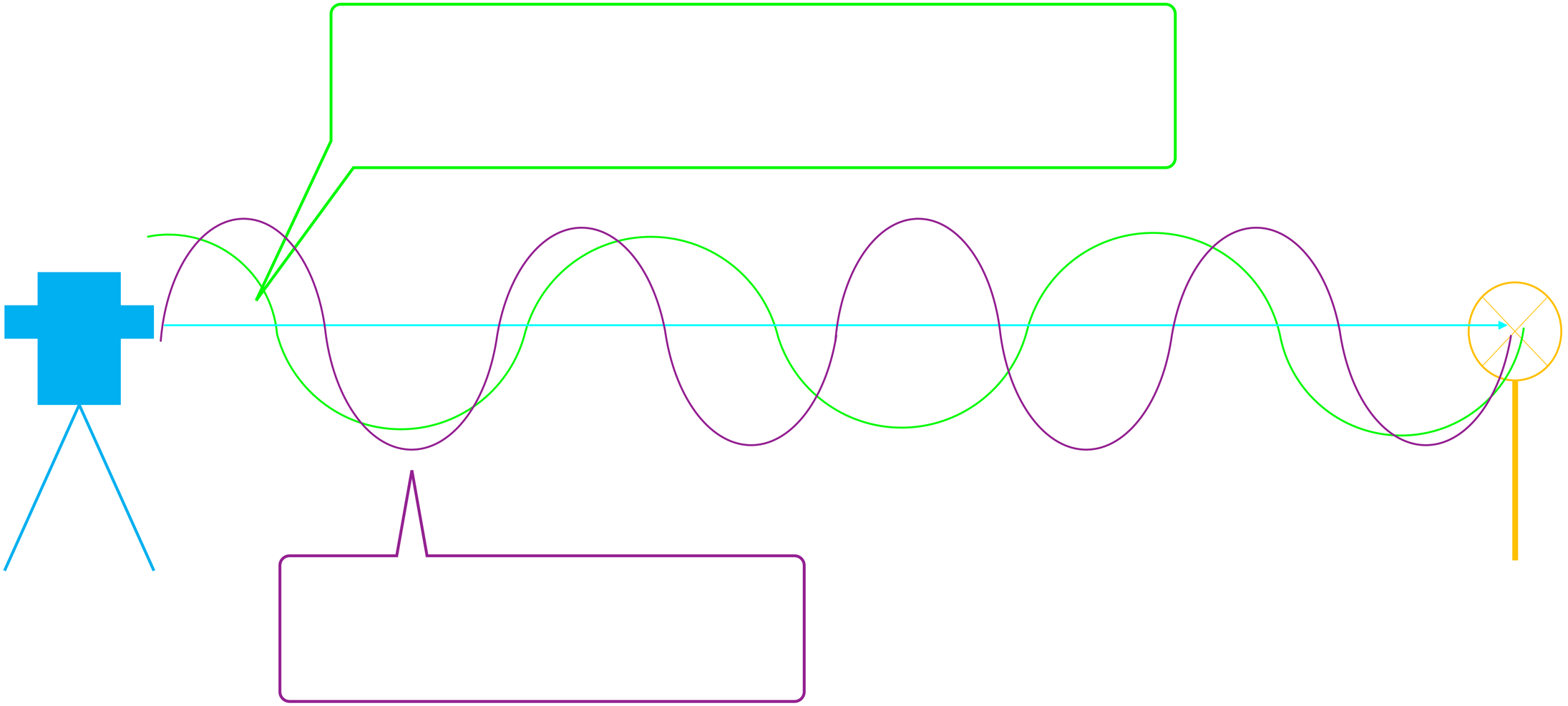
位相の測定誤差



変調周波数の誤差



変調周波数の誤差



光波測距の誤差まとめ

基準点測量　11

基準点測量の作業順序

計画・踏査選点・測量標設置・観測・計算・成果の整理

新点設置のポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序
- 必要な書類
- 計算の順序

基準点測量の作業

品質評価

成果等の整理

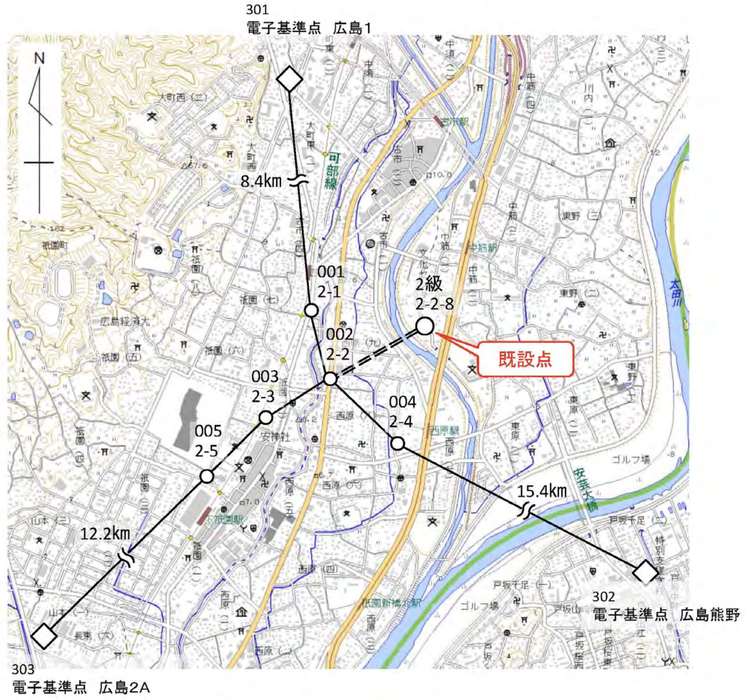
1．作業計画

・作業計画では現存の地形図を元に、どの位置に新点を設置するかを決めます。図面：

「　　」

新点成果をもとに既設点の整合性を確認する場合の例

平成〇〇年度　2級基準点測量
〇〇地区　平均計画図
縮尺＝1／25,000



凡例

区分	記号	寸法
電子基準点	◇	4.5㎜の正方形を45°回転
2級基準点（既設点）	○	直径4.0㎜の白円
2級基準点（新点）	○	直径3.0㎜の白円
点検のための基線	==	2重破線

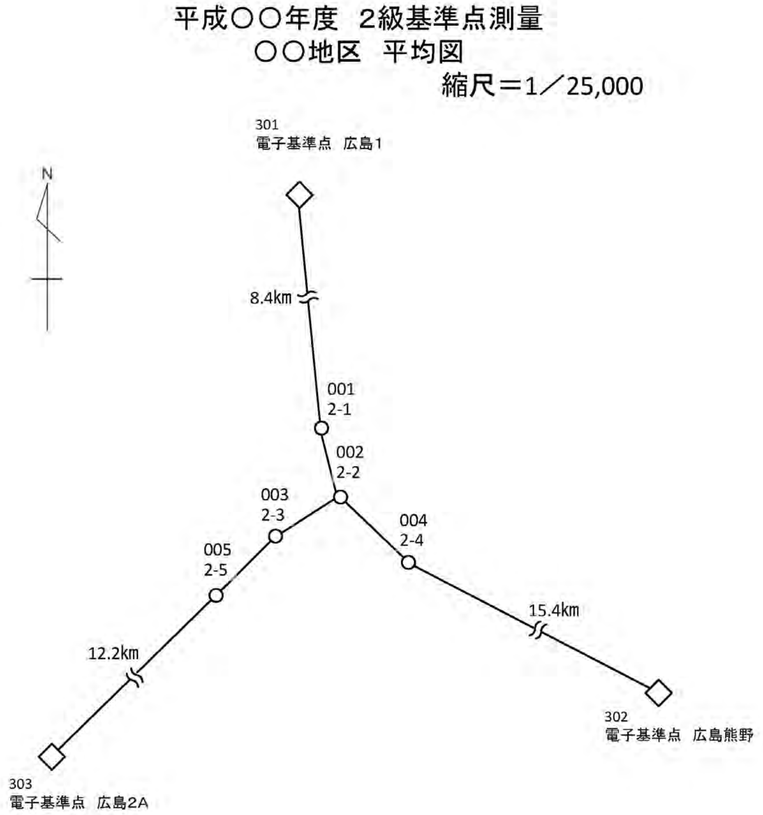
1

2．踏査・選点

・現地に行き調査をして、どの位置に新点を設置するかを決めます。事前に官庁への手続きと立ち入りの承諾をとります。

図面：「　　」

「　　」



2

3．測量標の設置（埋標）

・測量標を設置します。事前に土地所有者に「　　」を書いてもらいます。
設置後には写真を撮って、「　　」と「　　」を作成します。

図面：「　　」

3. 測量標の設置

様式第６号（第19条関係）

公 共 基 準 点 設 置 承 諾 書

（あて先）掛川市長

私の所有する下記の土地に掛川市公共基準点規則第２条第８号の永久標識を設置することについて、掛川市公共基準点規則第19条の規定により、承諾します。また、今後の測量作業時に立ち入ることについても承諾します。

年　　月　　日

住　所
土地所有者
氏　名

記

基準点の名称	級　数	種　別	標　識　番　号
掛川市公共基準点			

所　　在　　地	地　目	備　　考

※　設置に関する条件等

１　土地の利用状況の変更等により本基準点が支障となった場合、その旨を事前に届け出ることで移転等の対応をすること。

２　所有権移転等による権利の異動等が生じた場合は、本承諾内容を承継します。

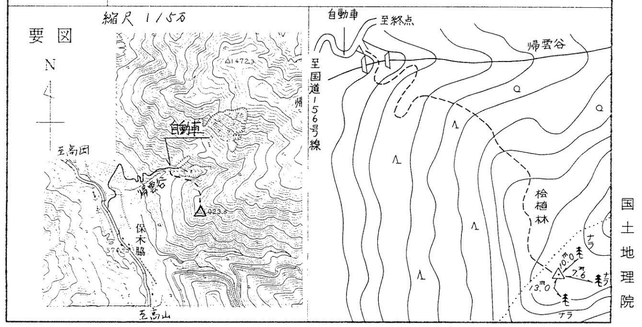
３　基準点設置に係る土地の使用については、金銭等の請求を行いません。

3. 測量標の設置

5436-27-4201

一等三角点の記

ふりがな 点名	きたに 木谷	1/20万 図名	金沢	1/5万 図名	白川村
		三角測量原簿			第527部
冠字選点番号	良 第35号	標識番号	標石 第		号
所在地	岐阜県大野郡白川村大字木谷字屋ケ平山126番地の2				
		地目	保安林		
所有者	白川村				
測標の種類		埋設法	地上（保護石一個）		
選点	明治 39 年 6 月 28 日	選点者	小野原 次郎		
造標		造標者			
埋標	明治 39 年 7 月 17 日	埋標者	小野原 次郎		
観測	明治 39 年 11 月 19 日	観測者	〃		
自動車到達地点	保木脇集落より北東約1.5km				
歩道状況	帰雲谷砂防堤より小径（巾 約1m）を経て、植林境の尾根を登る				
徒歩時間（距離）	約1時間20分（約0.9km）				
三角点周囲の状況	雑木林（樹高 約15m）				
その他					
備考	平成6年8月4日 更新				
	柱石長 0.79 m				



国土地理院

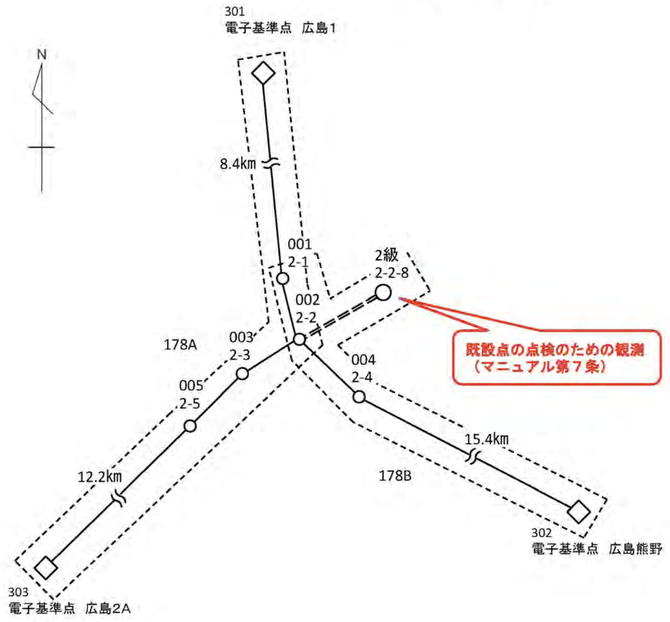
調製 平成6年9月20日

測量標設置位置通知書

○○点（基準点又は水準点とする） 級	番号	名称	所在地	地目	標識 種類	標識 番号	設置年月日	備考
1	1	○○	○○県○○郡○○町字○○○○番地	山林	標石	1	平成○.○.○	
1	2	○○	○○県○○郡○○町字○○○○番地	山林	標石	2	平成○.○.○	

3．測量標の設置

平成○○年度　2級基準点測量
○○地区　観測図
縮尺＝1／25,000



４．器械の点検調整

・測量につかう器械を点検（検定）に出します。

4．観測

・観測図を元に、角度・距離又は衛星からの電波受信を行います。

5．点検測量・点検計算

・観測が正しく行われたか、所定の精度を確保できたかを点検します。点検の結果は「　　」と「　　」として残す。

5．点検測量・点検計算

観測手簿・記簿

観測日付	2004 年 12 月 1 日	開始時刻	13 時 27 分	終了時刻	13 時 29 分
測　点	B⁴交40		B＝C＝P	器械高	1.500

器　械　名	SET3000	器　械　NO.	011982	観測者名	長野　慎也

天　候	晴	風	無風	気　温	16.0 ℃	気　圧	1020 hPa	気象補正	-1.0 ppm

目盛	望遠鏡	視準点	目標高	水平角	較差	観測差	倍角	倍角差	鉛直角	定数差	測定距離		較差(mm)	
0	r	B⁴B⁴¹12-1	1.500	0-01-11					90-12-26		44.167	44.167	0	
		B⁴B⁴¹58-1	1.500	154-51-30	-16		54		90-12-28		38.125	38.125	0	
		B⁴B⁴¹13-1	1.500	262-15-11	3		117		90-06-09	25	51.348	51.349	1	
	l	B⁴B⁴¹13-1		82-15-09					269-53-24					
		B⁴B⁴¹58-1		334-51-47					269-47-30					
		B⁴B⁴¹12-1		180-01-12					269-47-17					

結果

視準点	目標高	水平角(平均値)	鉛直角	測定距離(平均値)
B⁴B⁴¹12-1	1.500	0-00-00	90-12-35	44.167
B⁴B⁴¹58-1	1.500	154-50-27	90-12-29	38.125
B⁴B⁴¹13-1	1.500	262-13-59	90-06-23	51.349

5．点検測量・点検計算

精 度 管 理 表 （ 点検路線 ）

世界測地系

作業名	基準点測量	地区名	秋田○○一丁目101番	計画機関名		作業機関名	有限会社みどり事務所	作業班長	印
目的	確定測量	期間	平成20年5月22日	作業量		主任技術者	印		

路線番号	測点番号	路線長(Km)	内角数	辺数	点検計算 水平位置(m) 閉合差	水平位置(m) 許容範囲	標高(m) 閉合差	標高(m) 許容範囲	方向角(°) 閉合差	方向角(°) 許容範囲	偏心	再測数	厳密網平均計算 単位重量の標準偏差	許容範囲	高低角の標準偏差	許容範囲
		m			m	m	m	m	″	″			″	″	″	″
1	20B○○～ 20B○○	0.232	1	2	0.001	0.166	-0.003	0.224					2.05	15	11.44	20
2	20B○○～ 20○○A	0.411	3	4	0.004	0.191	0.019	0.230								
3	20○○A～ 20B○○	0.588	5	6	0.006	0.221	-0.012	0.235								
											再測率					

点検測量								
固点番号	距離			水平角			鉛直角		
	点検値	採用値	較差	点検値	採用値	較差	点検値	採用値	較差
	m	m	m	° ′ ″	° ′ ″	″	° ′ ″	° ′ ″	″

主要機器名称番号	
TOPCON GTS-603	

永久標識の種別等		
種別	数量	埋設様式
	4	地上
特記事項		

5．平均計算

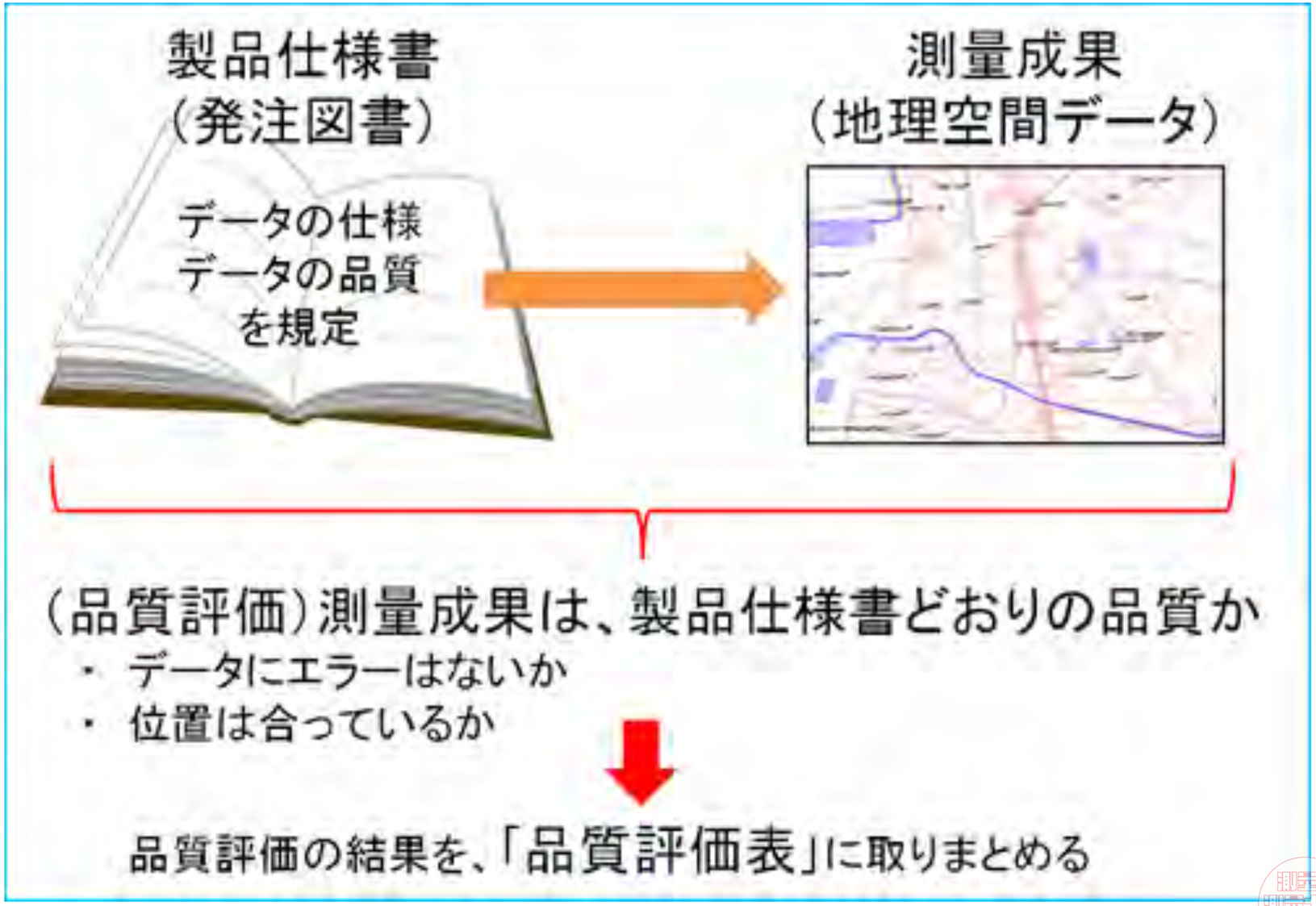
・誤差を計算し配分して採用する値を決めます。

厳密高低網平均計算と厳密水平網平均計算をします。精度管理簿にも結果を残します。普通はパソコンのプログラムを利用します。

計算は「　　」の順です。

６．品質評価

・品質評価とは、「作成したデータが、製品仕様書の規定する品質を満たしているか」を確認する作業のこと。



7．成果等の整理

・測量にあたって使用・作成した帳簿・書類をまとめ、社内又は第三者機関の検査をうける。

基準点測量の作業まとめ

計画 → 選点 → 測量標設置 → 観測 → 計算 → 品質評価 → 成果等の整理

基準点測量　12

標準偏差の計算

標準偏差とは？

標準偏差＝統計学的に見た確からしさの度合い

例：ある2点間の距離を測ったとき

100.000m

10mm

これは　100.000mから±10mm　の範囲に

真値がある確立が高い事を表している

※真値＝

標準偏差の意味

標準偏差の大小が表すこと

大きい→

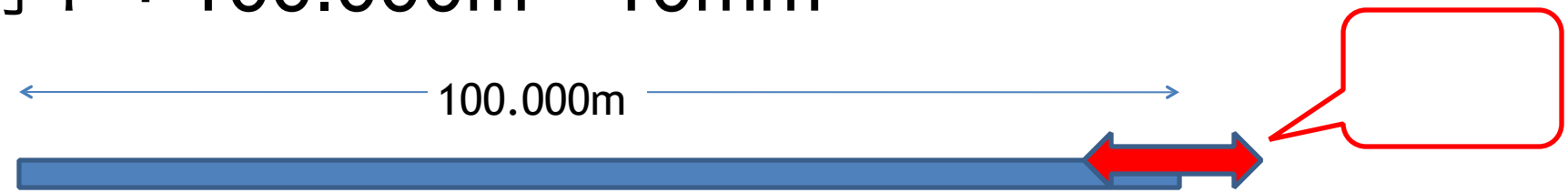
小さい→

小さい＝「　　」事を意味するから。

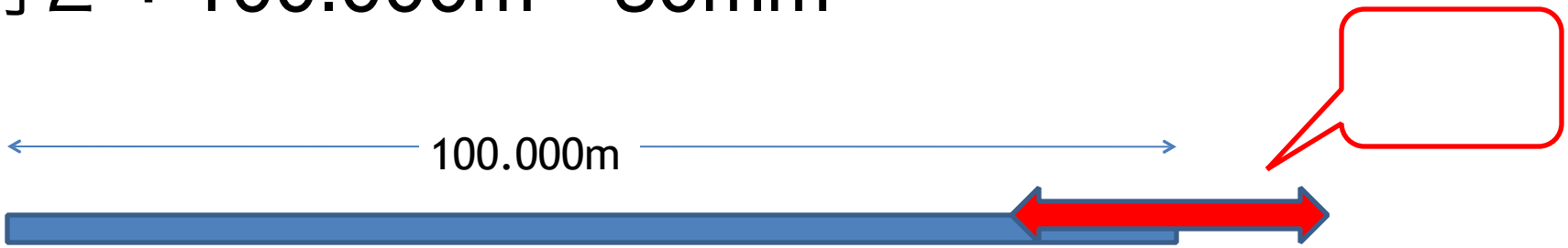
※真値＝人間には知り得ない本当の値のこと

標準偏差の意味

例１：100.000m　10mm



例２：100.000m　30mm



※人間が測量する以上「　　」。

標準偏差の計算

例題

点A 点B ２点間の距離を５回測定し、以下のような結果を得た。この観測の最確値とその標準偏差を求めなさい。

1回目：123.456m

2回目：123.450m

3回目：123.451m

4回目：123.462m

5回目：123.459m

ポイント

①深く考えず、まずは問題を解いてみよう！

②公式は暗記！

③手順どおりにやれば必ず正しい答えが出る！

例題の解答１（最確値の求め方）

（こういった問題では）「最確値＝平均値」です。なので・・・

1回目：123.456m

2回目：123.450m

3回目：123.451m

4回目：123.462m

5回目：123.459m

が本来の式です。

しかし、電卓が使用できない測量士補試験ではこの計算は非常に時間がかかります。
そこで、共通部分を残した簡単計算法で解くことをおすすめします。もし本番で時間があれば本来の式で「確かめ算」をするのが良いでしょう。

例題の解答２（最確値の求め方）

では、簡単計算法です。共通部分を残し、桁数を揃えて式をたてます。

1回目：123.456m
2回目：123.450m
3回目：123.451m
4回目：123.462m
5回目：123.459m

平均

本来は0.056、0.050などのはずですがここではこのようにしておきます。

＋

カッコ内を計算後少数点と０を戻します。

123.4 ＋

123.4 ＋

が最確値。

例題の解答３（最確値の標準偏差の求め方）

手順１　残差（ｖ）を求める

残差とは最確値と観測値の差のこと

1回目であれば123.456-123.456＝0m

2回目であれば123456-123.450＝0.006m　です。

3回目以降も同様です。表にはmmで書き込みましょう。

	V（mm）	
1回目：123.456m		
2回目：123.450m		
3回目：123.451m		
4回目：123.462m		
5回目：123.459m		
最確値：		

例題の解答４（最確値の標準偏差の求め方）

手順２　残差（ｖ）を二乗する。

残差を二乗します。vの二乗なのでvvと書きます。

2回目であれば（+6）×（+6）＝36

3回目であれば（+5）×（+5）＝25　二乗するので必ず+になります。

	v（mm）	vv（mm）	
1回目：123.456m			
2回目：123.450m			
3回目：123.451m			
4回目：123.462m			
5回目：123.459m			
最確値：123.456m			

例題の解答３（最確値の標準偏差の求め方）

手順３　vvを合計してΣvvを求める。

後述の公式に載せるために、vvの合計を求めます。

0+36+25+36+9で106ですね。

数学では合計をΣ（シグマ）で表すのでこれをΣvvと表現します。

	v（mm）	vv（mm）
1回目：123.456m	0	
2回目：123.450m	+6	
3回目：123.451m	+5	
4回目：123.462m	-6	
5回目：123.459m	+3	
最確値：123.456m		

例題の解答４（最確値の標準偏差の求め方）

手順４　標準偏差を求める公式に数値を載せて計算します。

公式

$$M = \sqrt{\frac{\Sigma vv}{n(n-1)}}$$

M:最確値の標準偏差

N：観測回数

Σvv：残差の合計

標準偏差の計算　例題の答え

例題点A 点B ２点間の距離を５回測定し、以下のような結果を得た。この観測の最確値とその標準偏差を求めなさい。

1回目：123.456m

2回目：123.450m

3回目：123.451m

4回目：123.462m

5回目：123.459m

答え

最確値　123.456m

最確値の標準偏差　2mm　　となります。

基準点測量　13

光波測距儀の定数誤差（計算）

器械定数　反射鏡定数

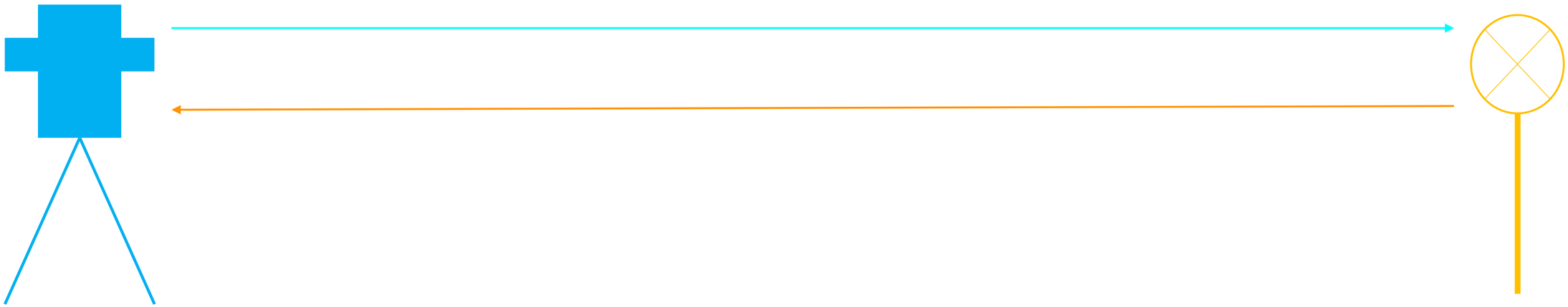
身につけたい知識

・光波測距の反射鏡定数・器械定数の求め方

光波測距の原理

光を発射し、ミラーに反射して帰ってきた光を分析すると距離がわかります。

を測定する！

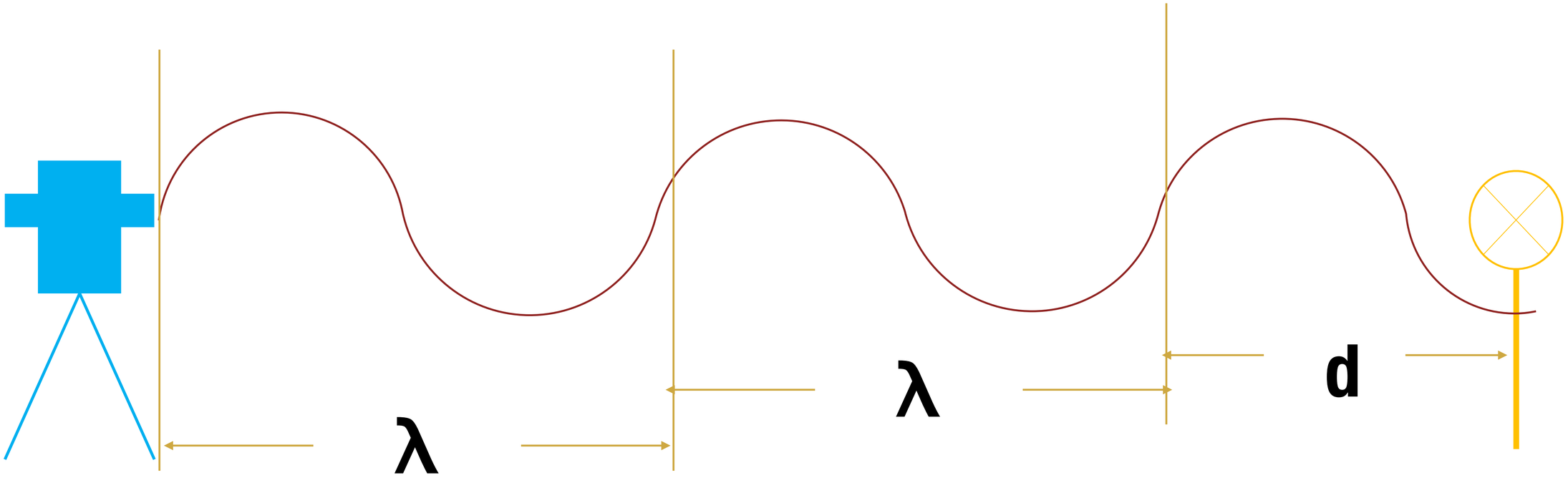


光波測距の原理

１波長の長さをλ、波打った回数をｎ、端数をdとすると

二点間の距離Dは

D=λ・ｎ＋ｄ　という感じです。



光波測距の誤差まとめ

・気象要素の測定誤差（気温・気圧・湿度）

・変調周波数の誤差

比例する誤差

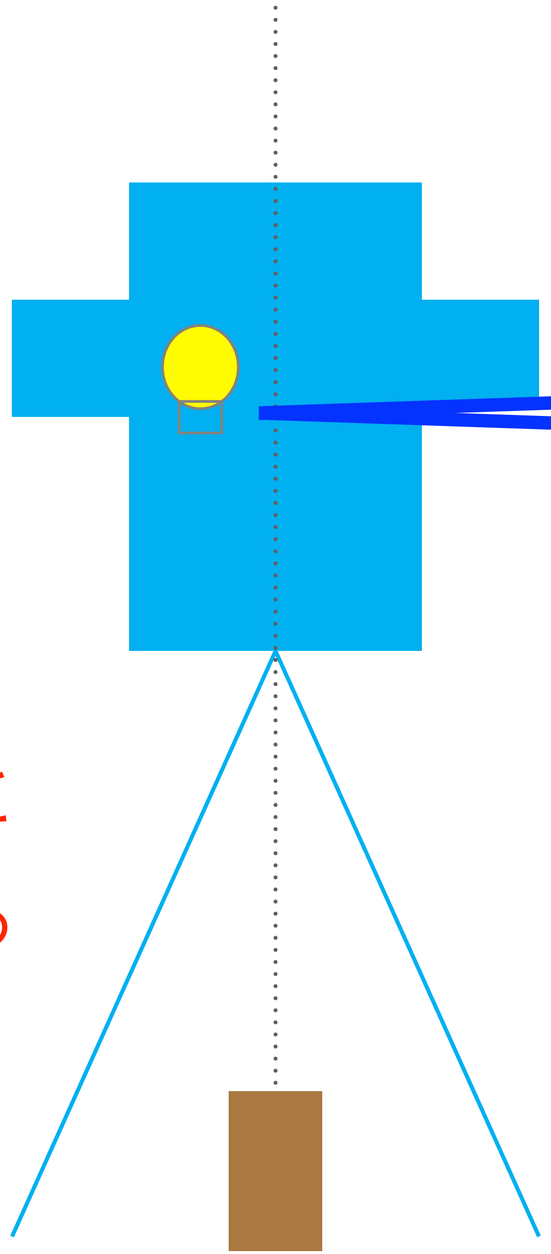
・定数の誤差（器械・反射鏡）

・致心の誤差（器械・反射鏡）

・位相の測定誤差

比例しない誤差

器械定数の誤差



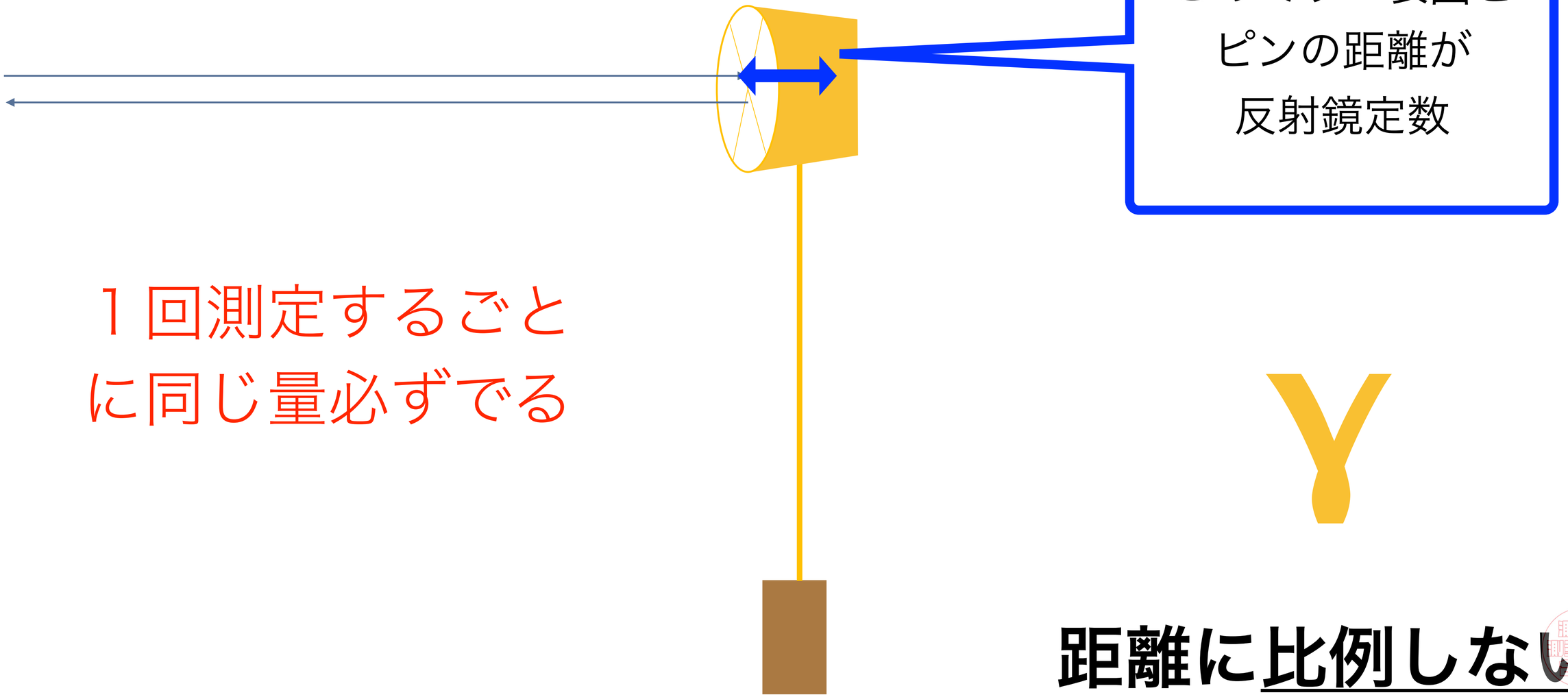
この器械の中心と
光源のずれが
器械定数の誤差

１回測定するごと
に同じ量必ずでる

α

距離に<u>比例しない</u>

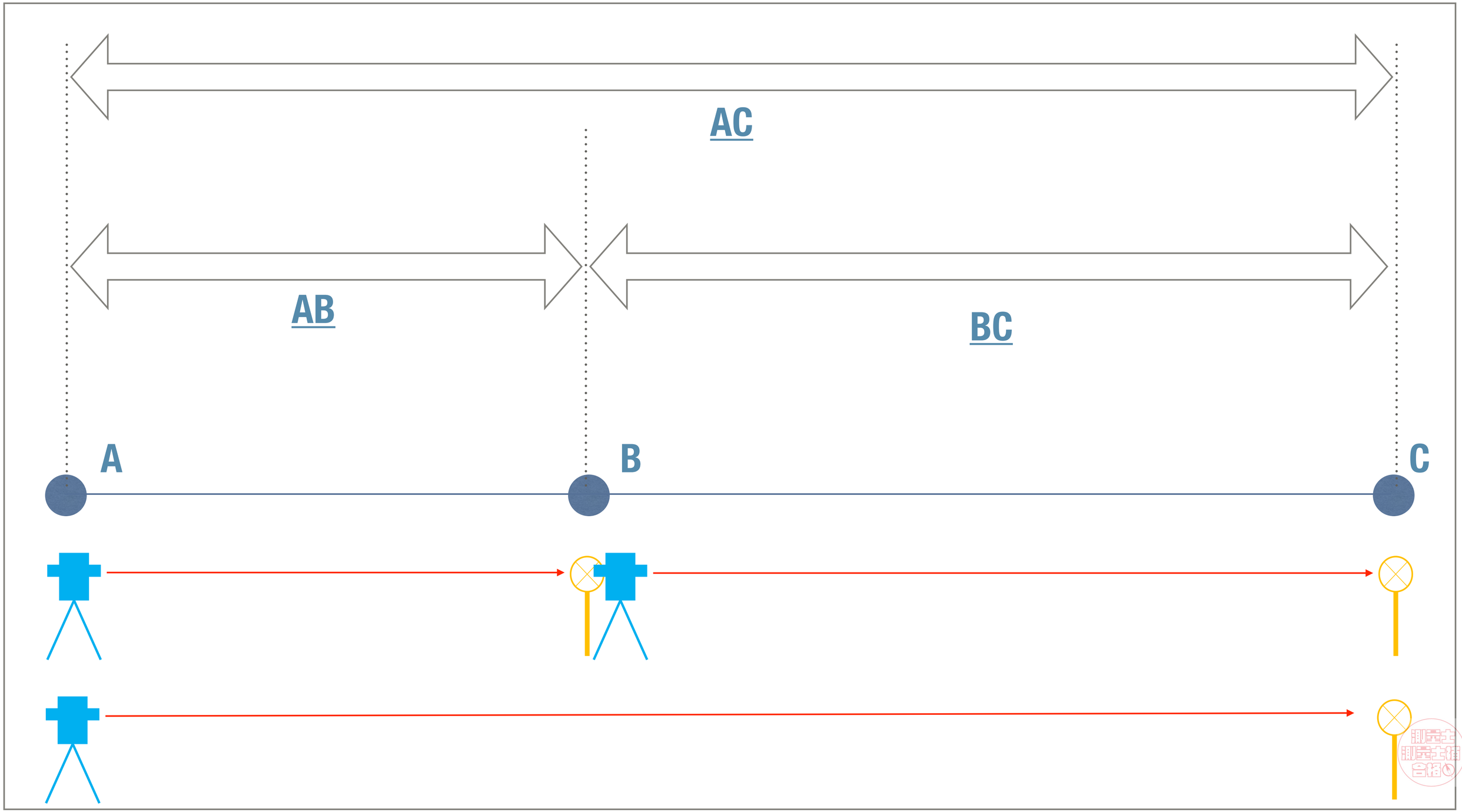
反射鏡定数の誤差



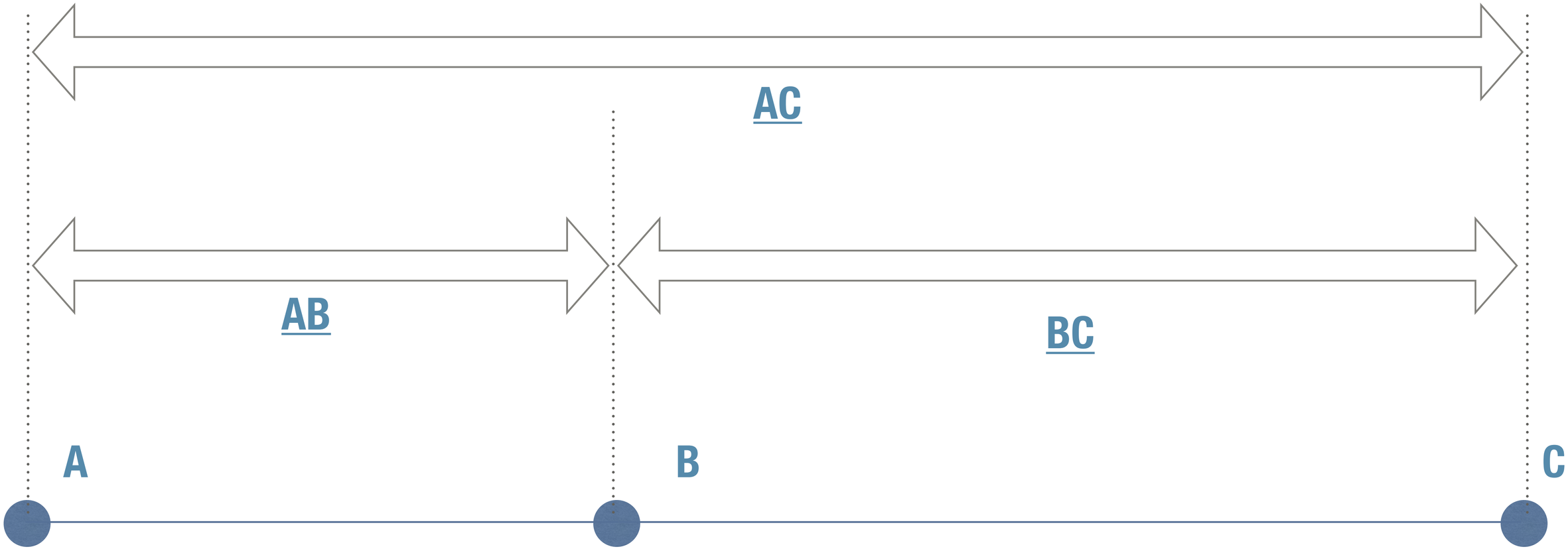
１回測定するごと
に同じ量必ずでる

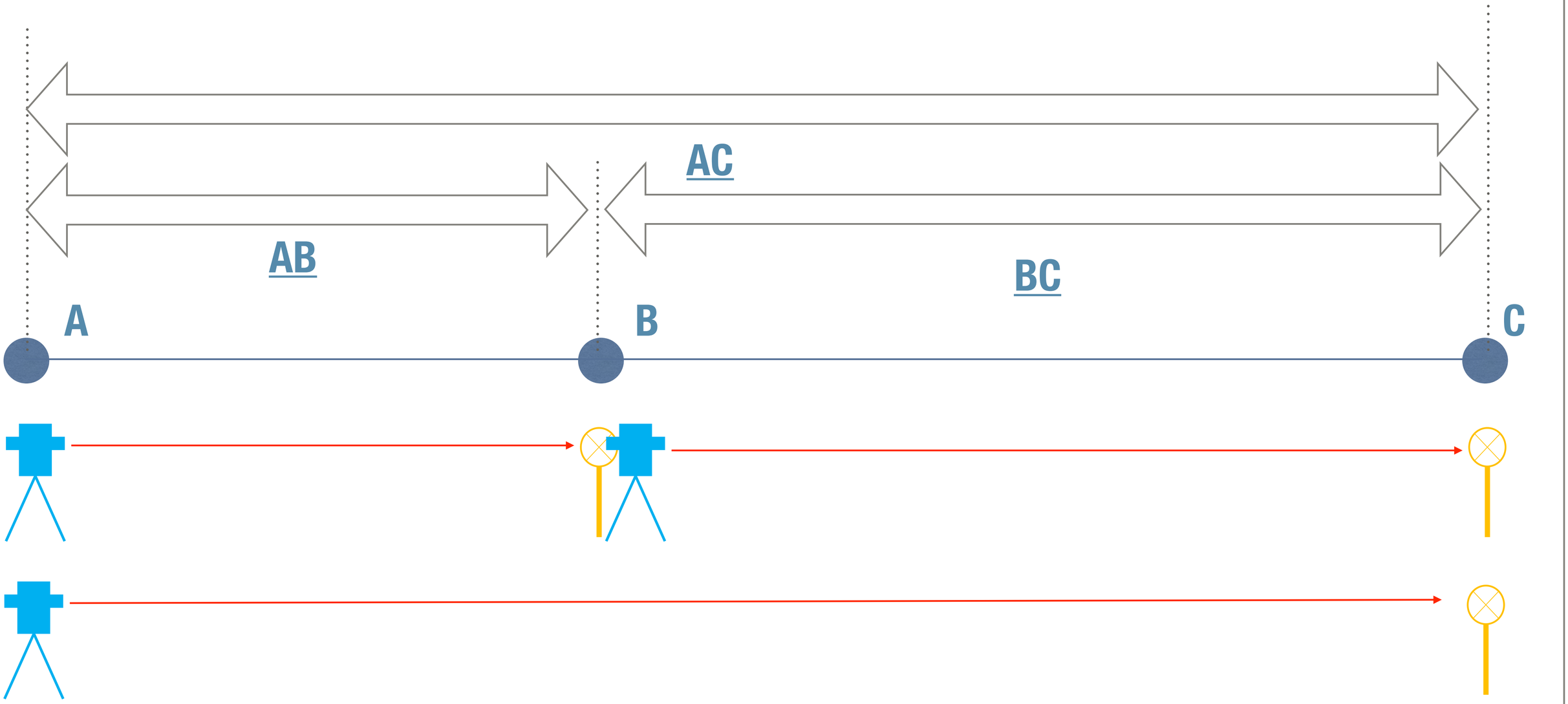
Y

距離に<u>比例しない</u>


AC
AB
BC
A
B
C

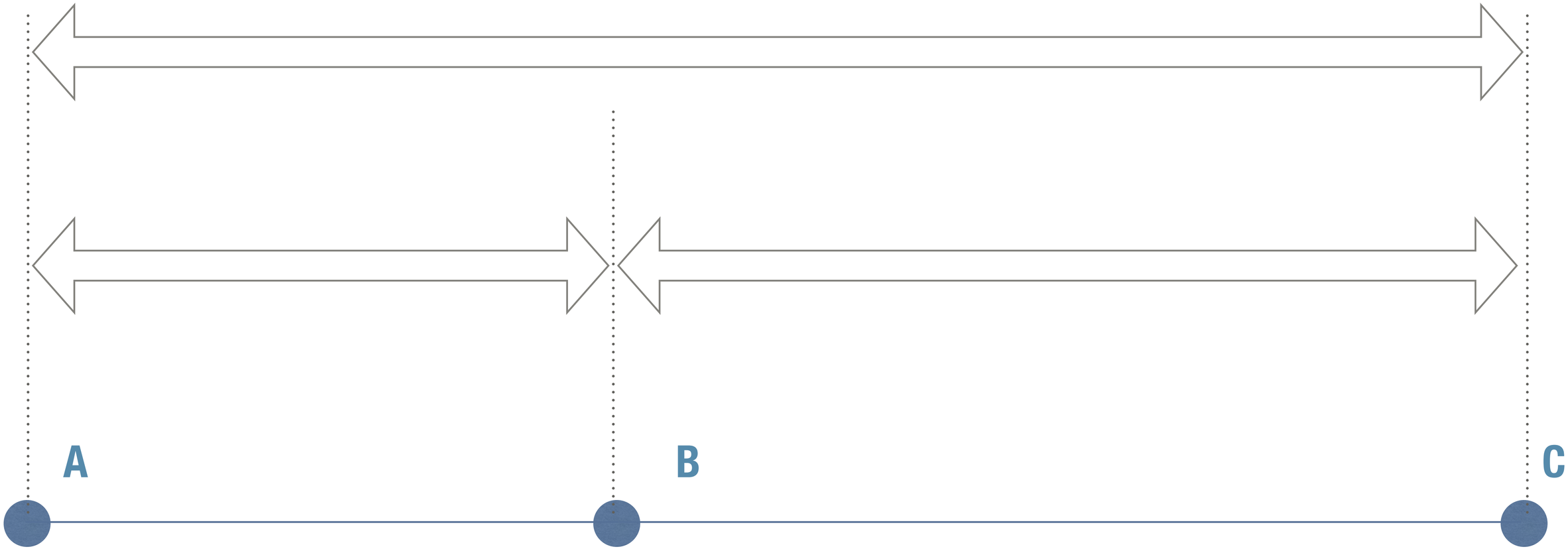
誤差が無い場合





α=器械定数　　γ=反射鏡定数

誤差がある場合

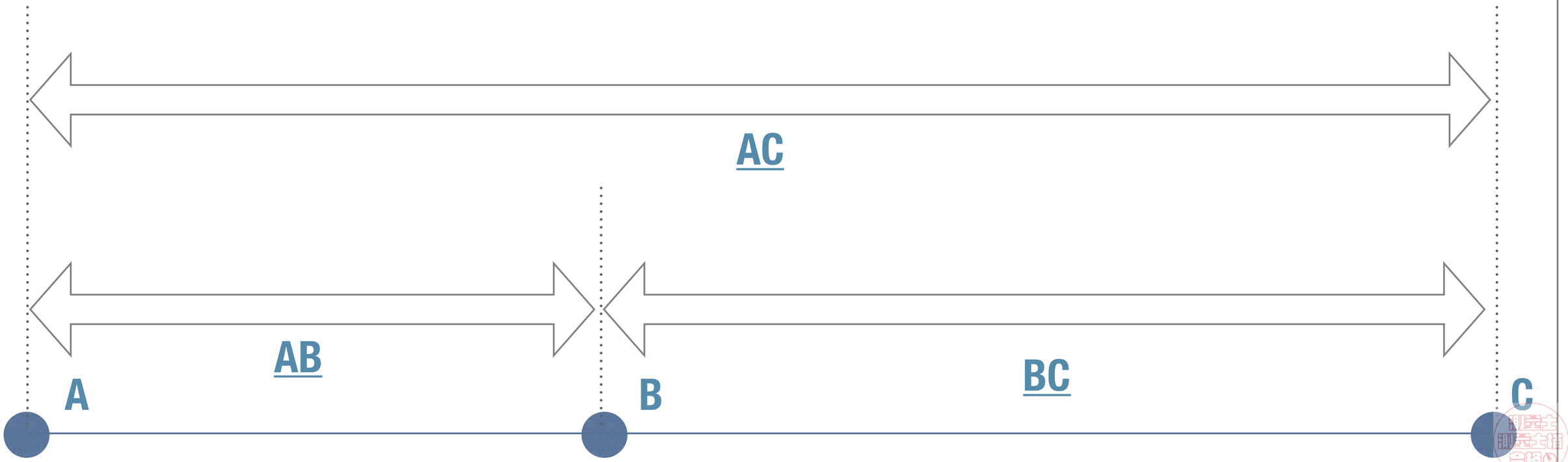


例題

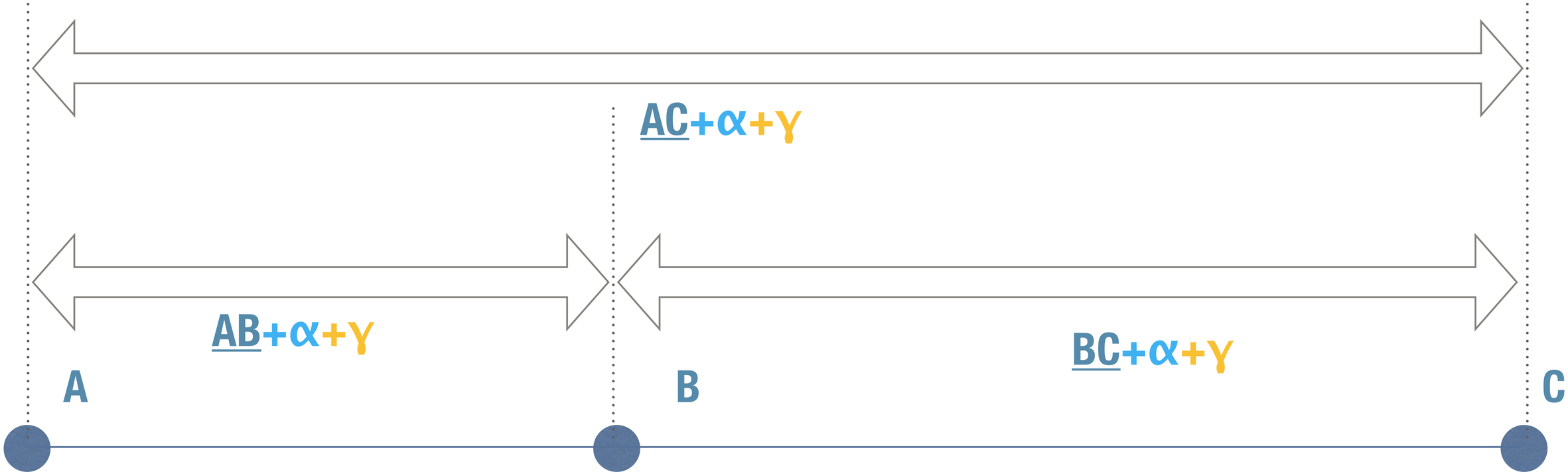
直線上にあるABCにおいて

AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11　反射鏡定数＋0.002　の時

器械定数を求めよ

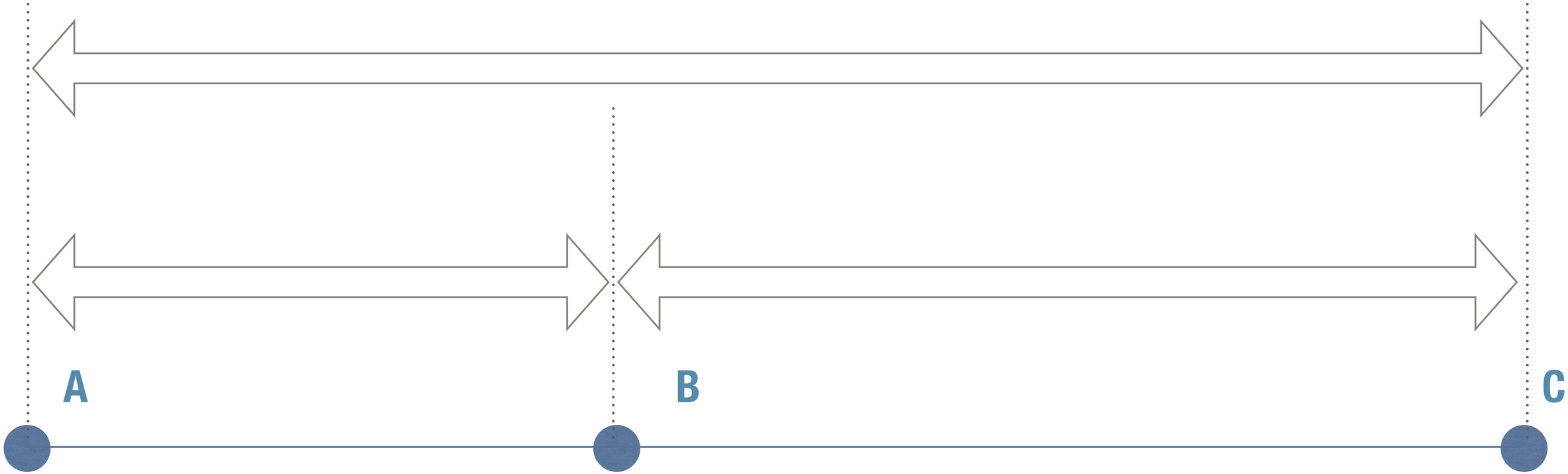


AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11　反射鏡定数＋0.002



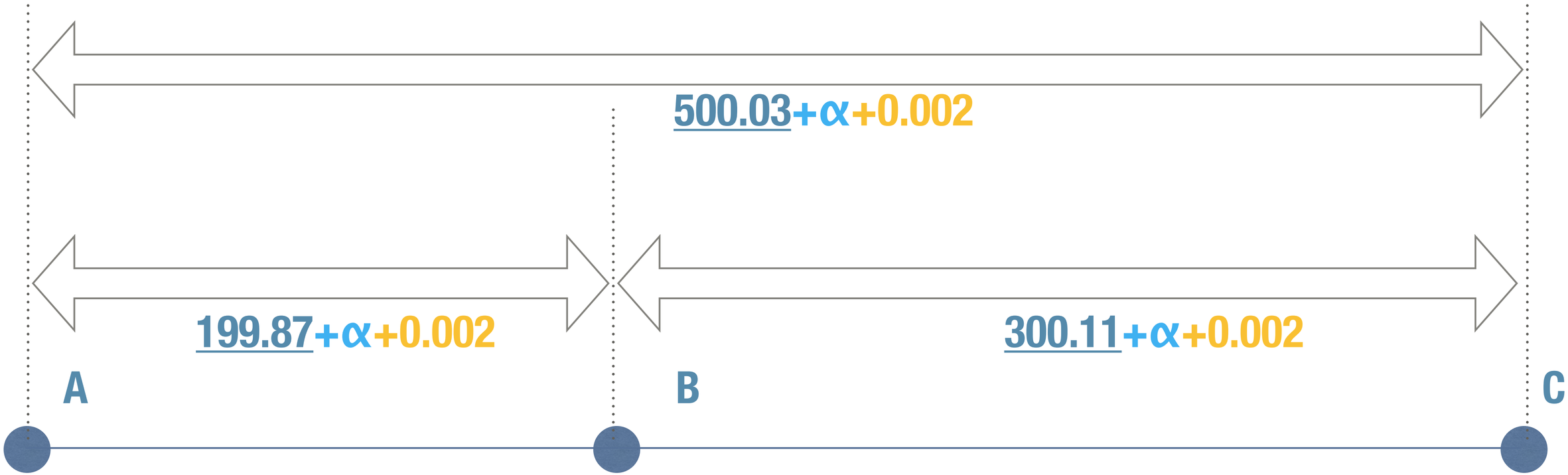
$$\underline{AC}+\alpha+\gamma=\underline{AB}+\alpha+\gamma+\underline{BC}+\alpha+\gamma$$

AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11　反射鏡定数＋0.002



$$AC+\alpha+\gamma=AB+\alpha+\gamma+BC+\alpha+\gamma$$

AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11　反射鏡定数＋0.002



$$\underline{500.03}+\alpha+0.002=\underline{199.87}+\alpha+0.002+\underline{300.11}+\alpha+0.002$$

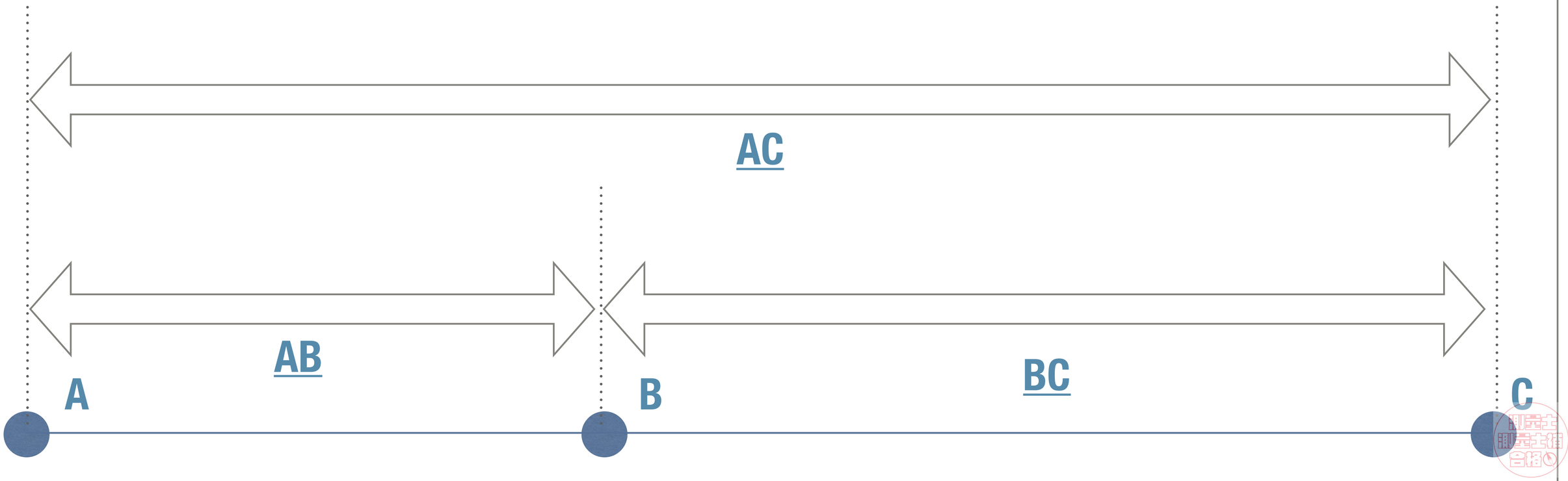
器械定数は

補足

直線上にあるABCにおいて

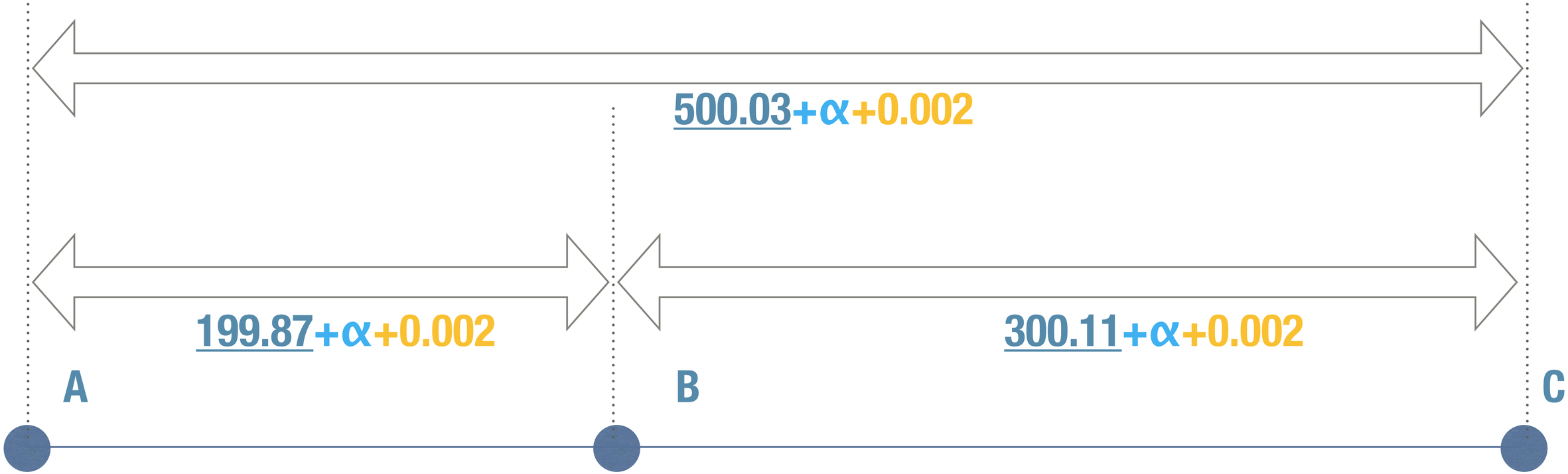
AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11　反射鏡定数＋0.002　の時

ACの正しい距離を求めよ。



AB=199.87　AC=500.03　BC=300.11

反射鏡定数＋0.002　器械定数＋0.048



基準点測量　14

新点の設置

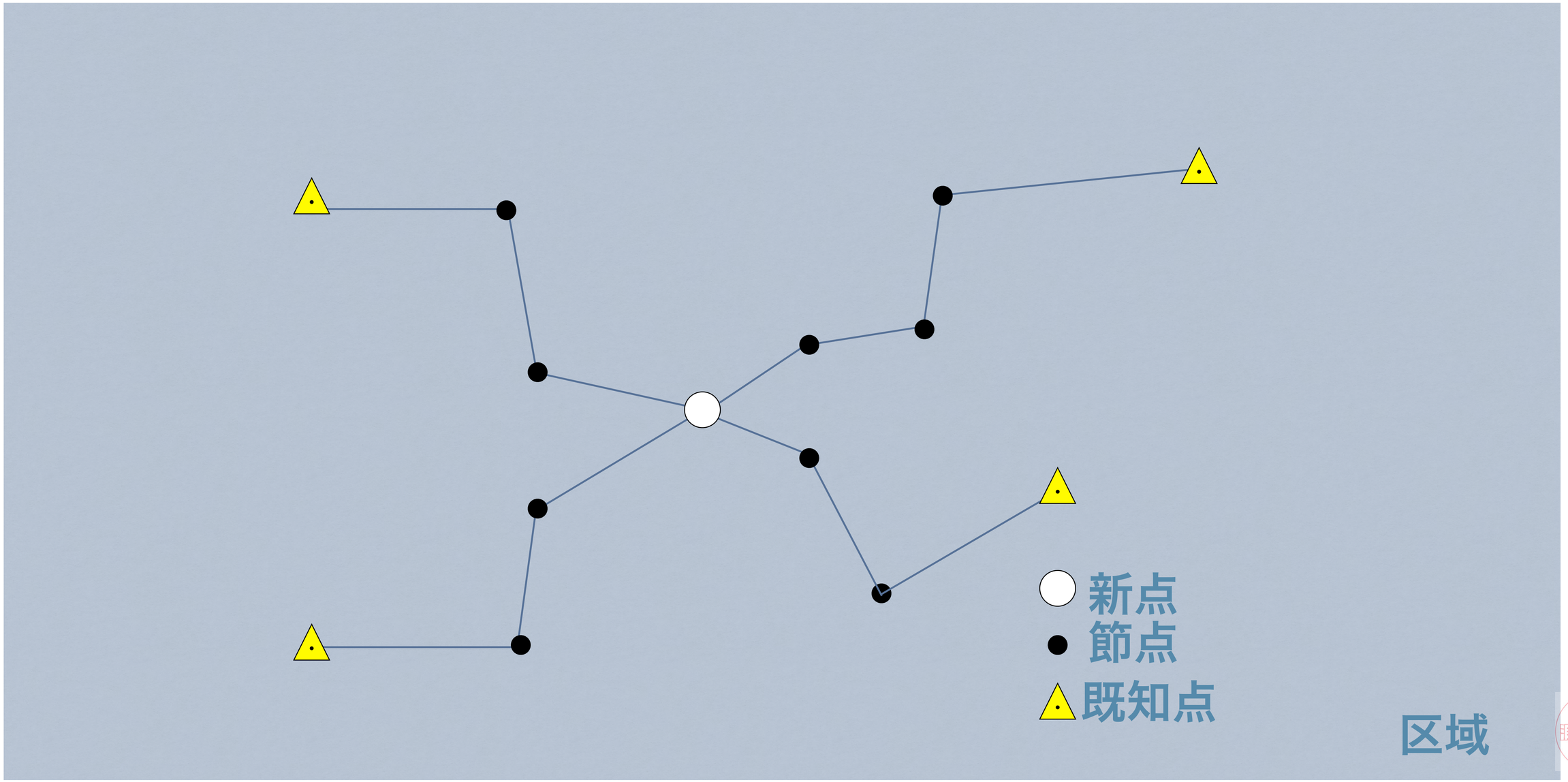
基準点測量

新点設置のポイント

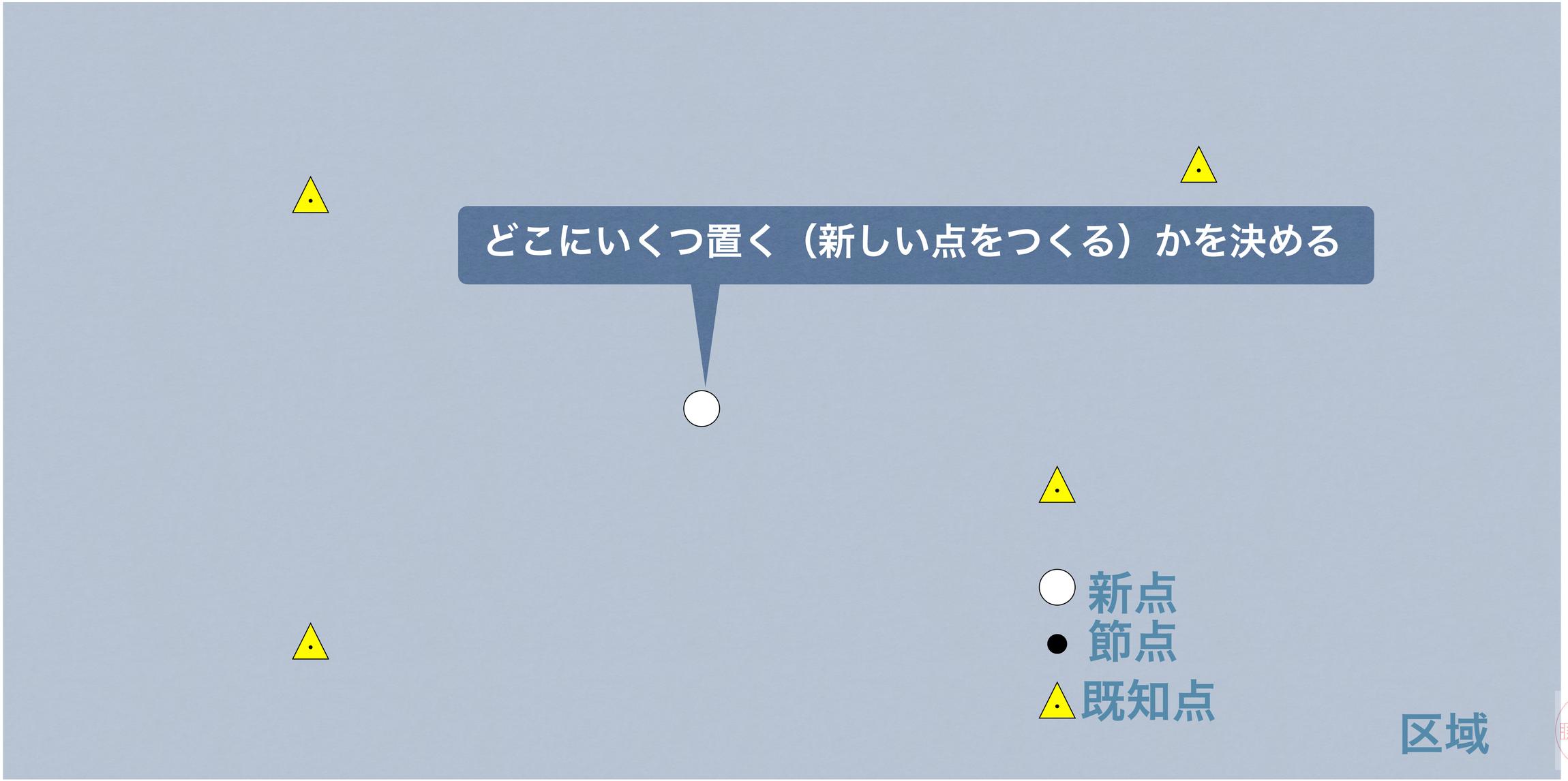
・新点にふさわしい場所の条件

・新点を求めるための路線の図形

新点の設置

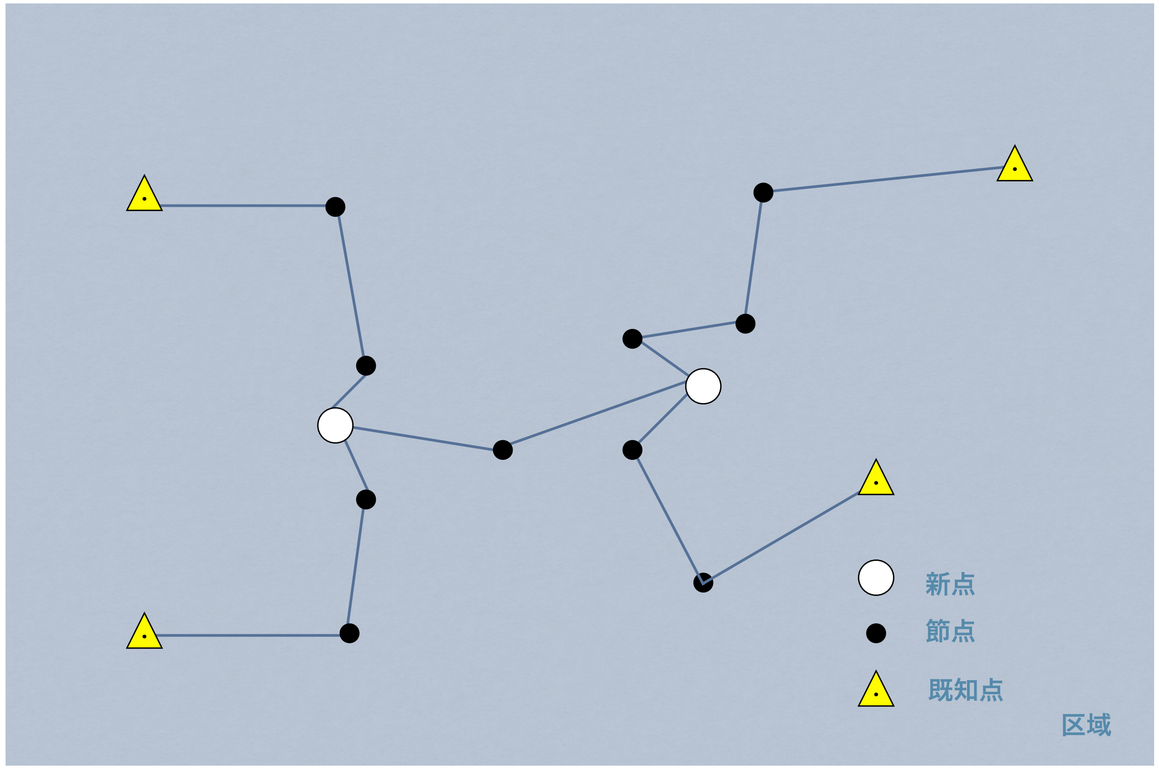


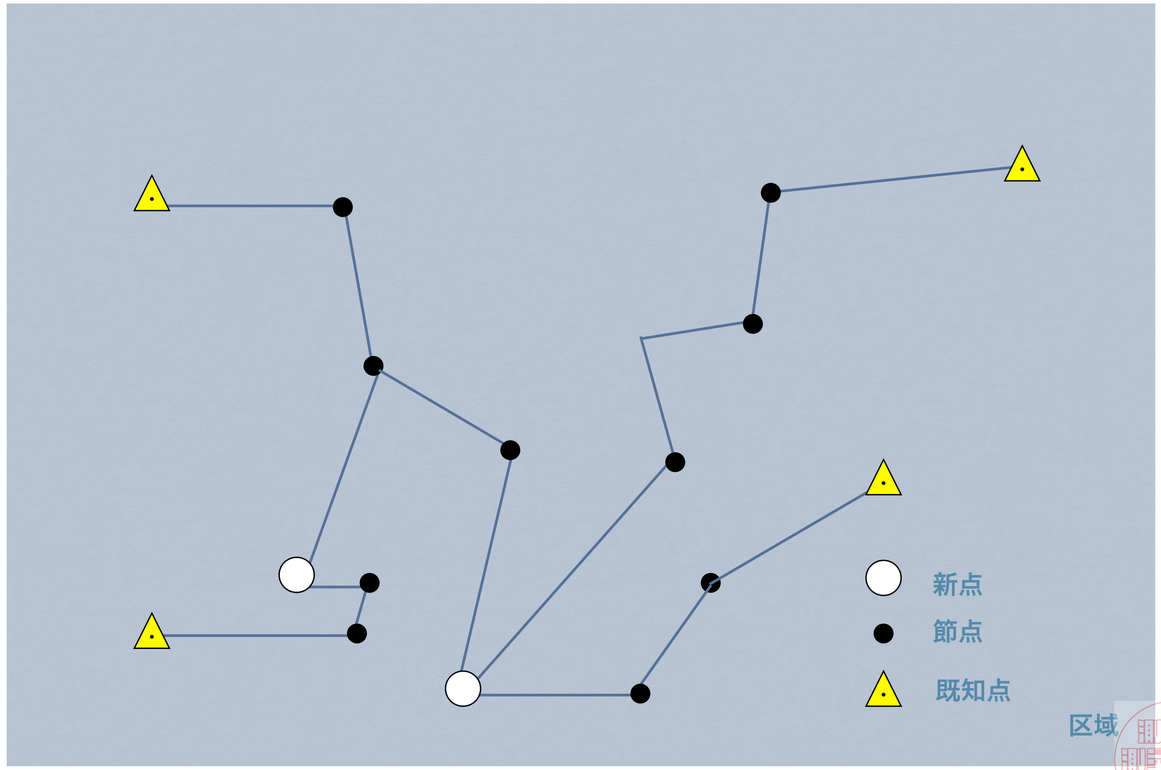
区域内にどのように新点を置くかは技術者が判断する。



新点の条件１

バランスよく配置（数・図形）





新点の条件２

・地盤が堅い場所

・沼地や傾斜地

新点の条件３

＿＿＿＿＿よく、＿＿＿＿＿しやすい

・山頂や経年変化のすくないところ

・樹木のそばや土地利用が変わりそうなところ

新点の条件４

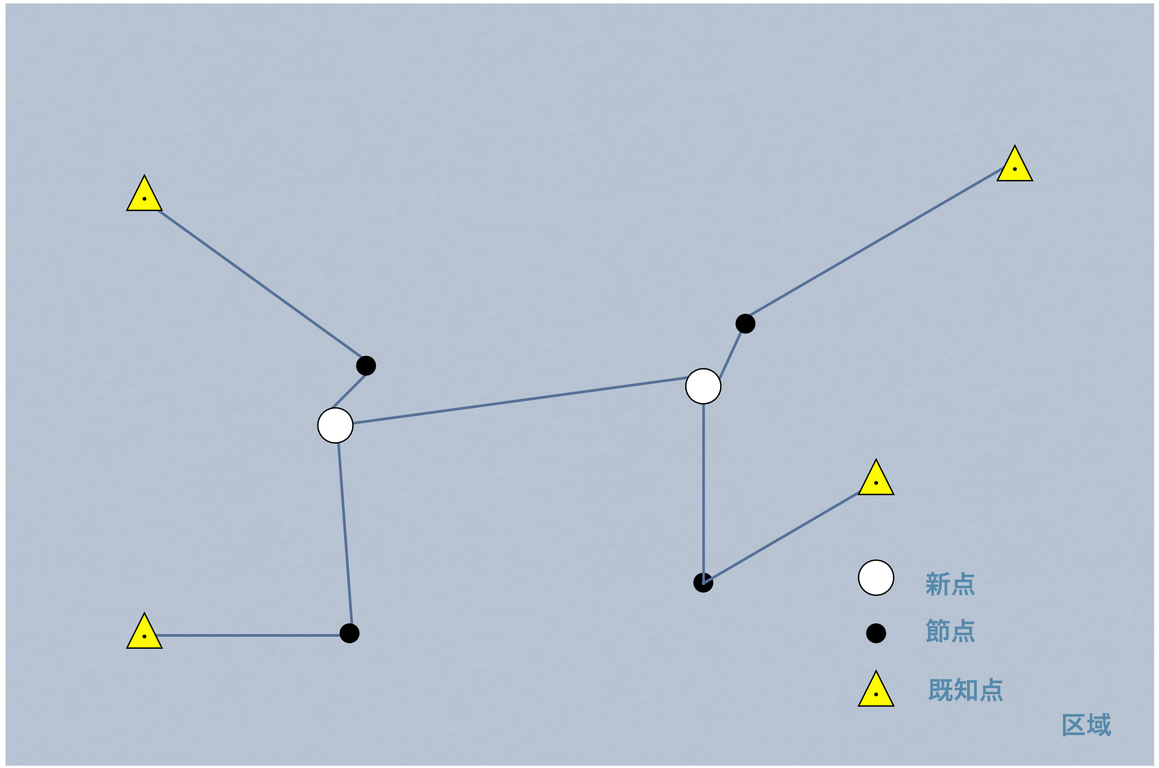
や　　が使いやすいこと（　　と　　）

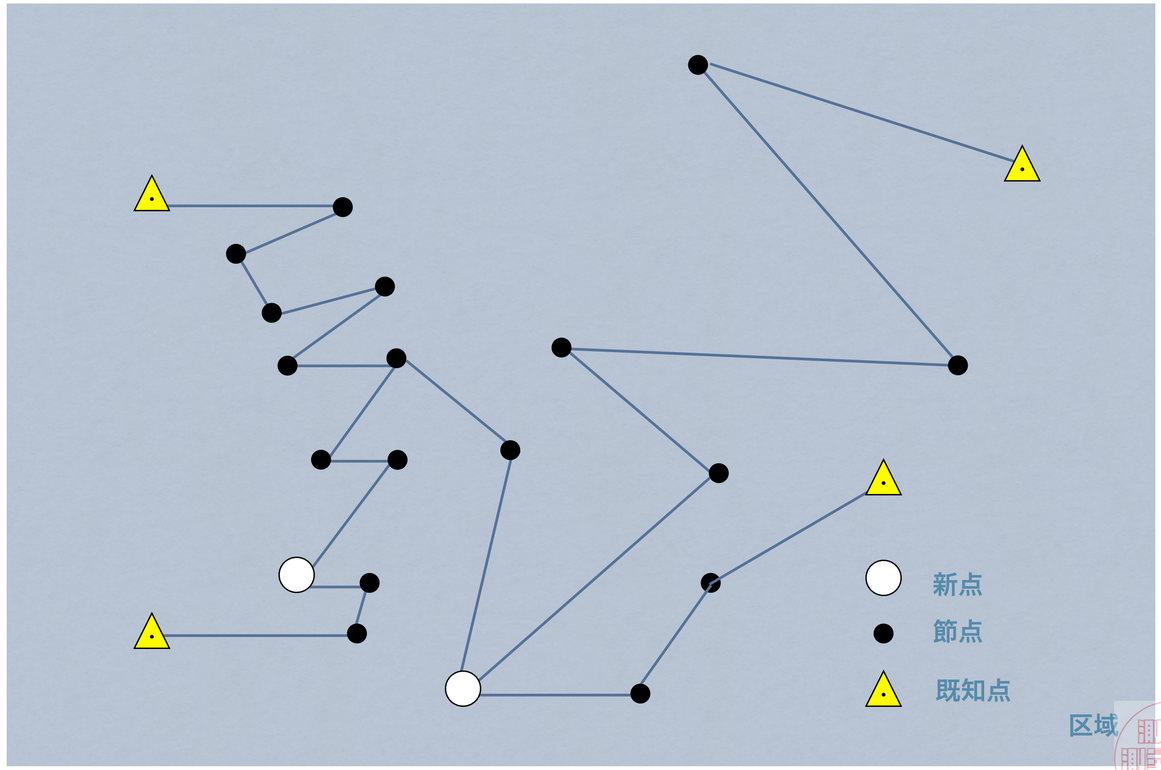
・上空視界・視通があり電波障害がない

・上空視界・視通が無く電波障害がある

新点の条件５

節点は「　　」、路線は「　　」方がいい





基準点測量　15

測量の作業

安全・個人情報・現場復帰・立ち入り・伐採

測量士
測量士補
合格

この学習で身につけたいこと

1．測量の作業で気をつけること

2．出題ポイント

仕事によっては県や市から個人情報を借りることがあるが、これは紛失しないよう丁寧に扱う。

道路使用許可証	
許可の内容	
許可の期間	自 至
許可の場所	
申請者の住所氏名	
許可番号年月日 道路管理者	

作業時に道路に三脚の脚が出たり印を付けるときには警察署長に道路使用許可申請をおこなう。

現状復帰が基本。清掃し対空標識は撤去。周辺環境に影響がなくても撤去。

第**号

身分証明書

住　所　　○○県○○市
氏　名　　○○　○○　　年令　○
職　名　　○○株式会社

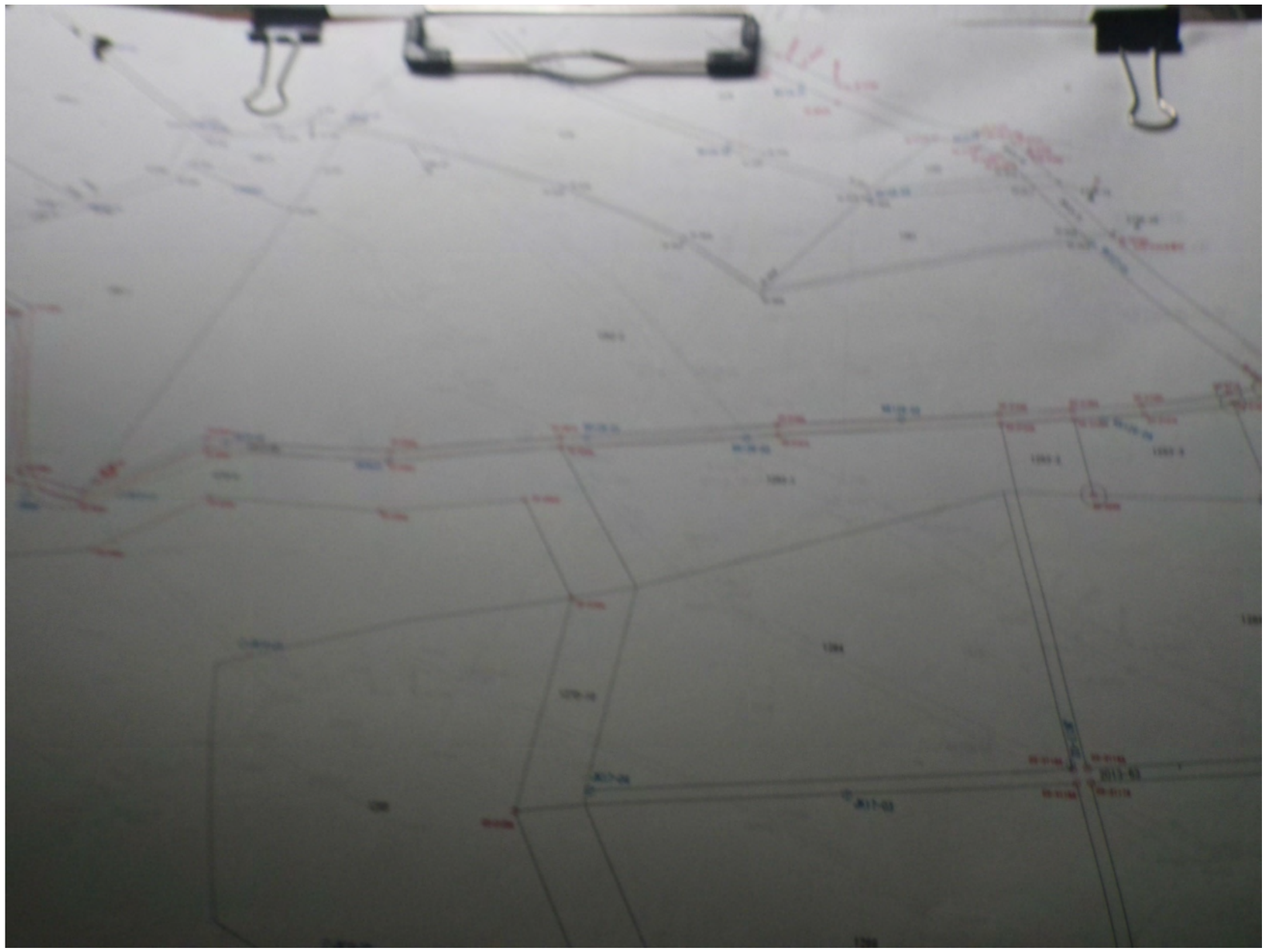
上は、○○○業務に関する調査員であることを証する。

交付年月日　　平成○年○月○日
有効期間　　平成○年○月○日
分任支出負担行為担当官　　印
東京外かく環状国道事務所長

身分証明書（見本）

敷地への立ち入り

測量士
測量士補
合格



資料の取り扱い

既知点の調査

公共基準点使用承認申請書

年　　月　　日

岸和田市長　様

住　所
申請者　氏　名　　印
ＴＥＬ

貴市管理の公共基準点の使用について承認を受けたいので、次のとおり申請します。

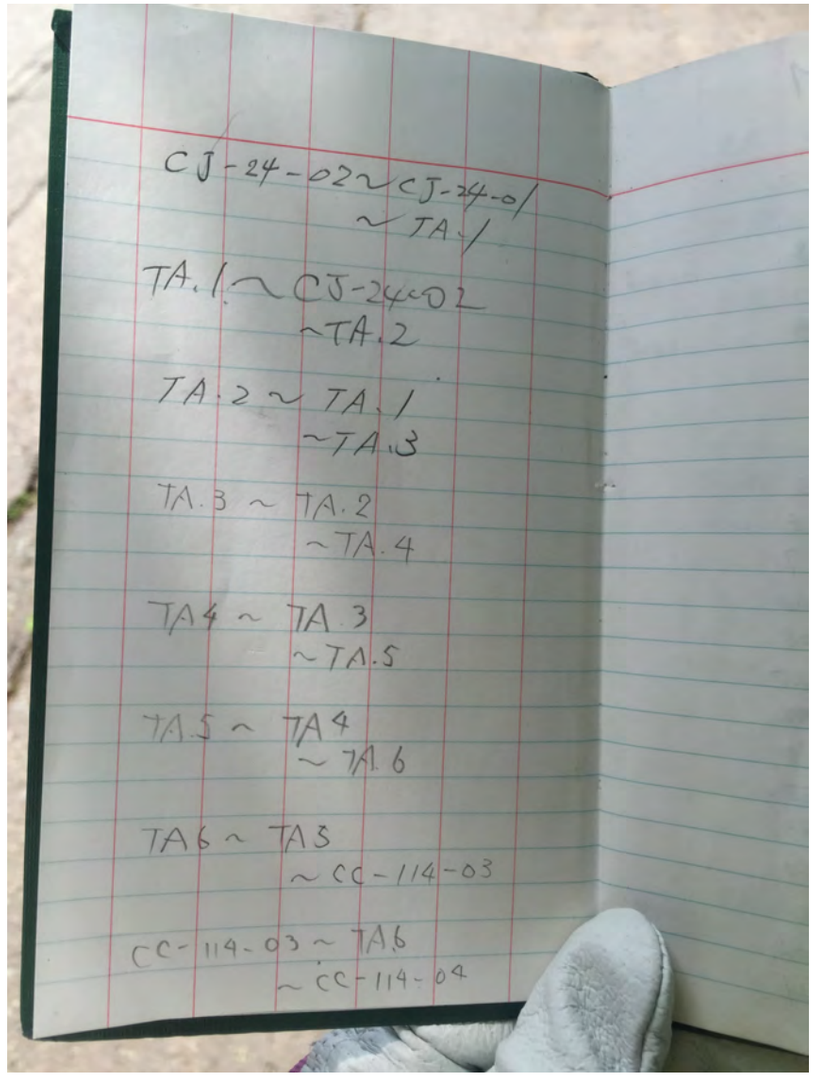
使用責任者	会社名 住　所 氏　名 資　格　（測量士・測量士補・土地家屋調査士・その他） ＴＥＬ
使用目的	
使用期間	年　月　日～　年　月　日（　日間）
使用する公共基準点の標識番号及び名称	
使用点数	

（許可欄）

この申請は、次の条件を付して許可する。

測量標の使用許可申請

樹木の伐採には許可が必要。木は思ったより高価！どんな小さなシュボイ木でも後で問題になります。



測量数値の不備や測定箇所の確認は現地で行います。再び戻ってくることが困難な現場もあります。

基準点成果表

系番号　9

2級基準点　　17-35.6

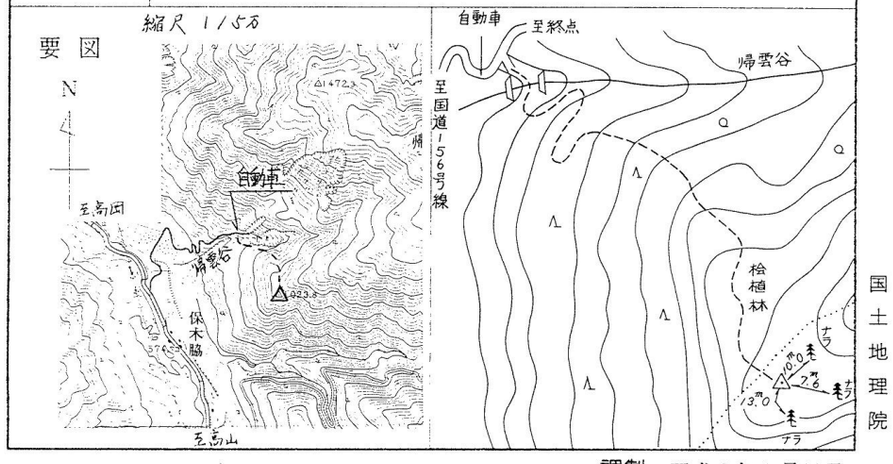
	° ′ ″		m
緯度	35 57 6.3739	x	-5327.567
経度	139 36 30.4823	y	-20285.075
		標高	22.100
真北方向角	0 7 55	ジオイド高	39.180
縮尺係数	0.999905	標石長	0.66

視準点の名称	球面方向角 (E-T)補正=0″	球面距離	(s/S)	備　考
	° ′ ″	m		
② No.36	64 20 27	1656.096	0.999906	
② No.29	224 43 7	943.815	0.999904	
② No.74	352 28 55	1477.971	0.999905	

5436-27-4201

三等三角点の記

ふりがな 点名	きたに 木谷	1/20万 図名	1/5万 図名	白川村
		金沢	三角測量原簿	第527部
冠字選点番号	良　第35号	標識番号	標石第 ——— 号	
所在地	岐阜県大野郡白川村大字木谷字屋ケ平山126番地の2			
			地目	保安林
所有者	白川村			
測標の種類	———	埋設法	地上（保護石－個）	
選点	明治 39 年 6 月 28 日	選点者	小野原 次郎	
造標	———	造標者	———	
埋標	明治 39 年 7 月 17 日	埋標者	小野原 次郎	
観測	明治 39 年 11 月 19 日	観測者	〃	
自動車到達地点	保木脇集落より北東約1.5km			
歩道状況	帰雲谷砂防堤より小径（巾 約1m）を経て、植林境の尾根を登る			
徒歩時間（距離）	約1時間20分（約0.9km）			
三角点周囲の状況	雑木林（樹高 約15m）			
その他	———			
備考	平成6年8月4日　更新㊞ 柱石長　0.79 m			



調製　平成6年9月20日

測量が終わったら、成果表・点の記・測量標設置位置通知書等の関係書類を作成します。後の測量のためにも結果の整理はきちんとしましょう。

住民

作業員

安全に配慮

住民と作業者のそれぞれについて安全に配慮した作業を心がける。

基準点測量　16

測量法

測量法

この学習で身につけたいこと

測量法の出題ポイント

出るところは決まっている！！

出題パターン

誰が作業するのか？

誰に届け出るのか？

どのような書類が必要か？

測量の基準はどこか？

なんでこの法律があるのか？

第一条　この法律は、国若しくは公共団体が＿＿＿の全部若しくは一部を負担し、若しくは補助して実施する土地の測量又はこれらの測量の結果を利用する土地の測量について、その実施の基準及び実施に必要な権能を定め、測量の＿＿＿＿＿＿、並びに
するとともに、測量業を営む者の登録の実施、業務の規制 等により、測量業の適正な運営とその健全な発達を図り、もつて各種測量の調整及び測量制度の改善発達に資することを目的とする。

第三条　測量」とは、土地の測量をいい、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ものとする。

第四条　「＿＿＿＿＿＿＿＿」とは、すべての測量の基礎となる測量で＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の行うものをいう。

第五条　「＿＿＿＿＿＿＿＿」とは、基本測量以外の測量で次に掲げるものをいい、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿測量その他の＿＿＿＿＿＿＿＿測量又は＿＿＿＿＿＿＿＿の調製その他の高度の精度を必要としない測量で政令で定めるものを除く。

次に揚げるもの→その実施に要する＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿し、又は補助して実施する測量

第十条　この法律において「　　」とは、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿をいい、これらは、左の各号に掲げる通りとする。

第十一条　基本測量及び公共測量は、次に掲げる測量の基準に従つて行わなければならない。

一　位置は、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿で表示する。ただし、場合により、＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿、＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿又は＿＿＿＿＿＿＿＿で表示することができる。

二　距離及び面積は、第三項に規定する＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の値で表示する。

三　測量の原点は、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿とする。

四　前号の日本経緯度原点及び日本水準原点の地点及び原点数値は、政令で定める。

２　前項第一号の地理学的経緯度は、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿に従つて測定しなければならない。

一　その＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿が、地理学的経緯度の測定に関する国際的な決定に基づき政令で定める値であるものであること。

二　その中心が、＿＿＿＿＿＿と一致するものであること。

三　その短軸が、＿＿＿＿＿＿＿＿一致するものであること。

２　公共測量を実施する者は、関係市町村長に対して当該測量を実施するために＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿を求めることができる。

３　測量計画機関は、公共測量において＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿したときは、遅滞なく、その種類及び所在地その他国土交通省令で定める事項を＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿に通知しなければならない。

４　測量計画機関は、自ら実施した公共測量の＿＿＿＿＿＿＿＿を移転し、撤去し、又は廃棄したときは、遅滞なく、その種類及び旧所在地その他国土交通省令で定める事項を国土地理院の長に通知しなければならない。

第四十二条　国土地理院の長は、第四十条第一項の測量成果の写し及び同条第二項の測量記録の写しを保管し、国土交通省令で定めるところにより、これらを一般の閲覧に供しなければならない。

２　前項に規定する＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿及び＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の謄本又は抄本の交付を受けようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿に申請をしなければならない。この場合においては、第二十八条第二項の規定を準用する。

第四十条　測量計画機関は、公共測量の＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿を得たときは、遅滞なく、その写を＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿送付しなければならない。

２　国土地理院の長は、前項の場合において必要があると認めるときは、測量記録の写の送付を求めることができる。

第四十一条　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿は、前条の規定により測量成果の写の送付を受けたときは、すみやかにこれを審査して、測量計画機関にその結果を通知しなければならない。

基準点測量　17

地球の形と測量の基準

ジオイド・GRS80・地心直交座標・楕円体

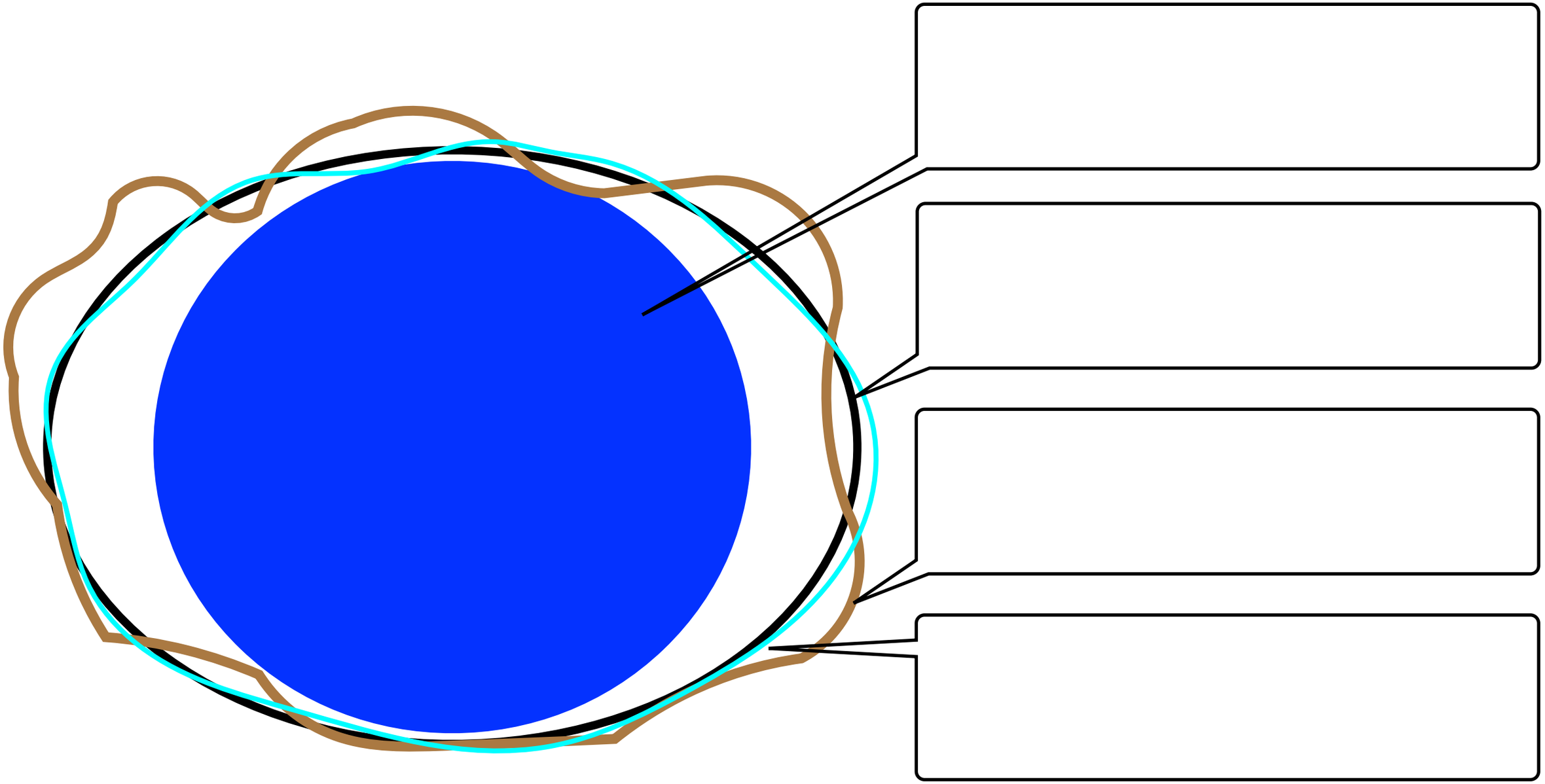
測量士
測量士補
合格

この学習で身につけたいこと

1．測量の基準と地球の形状

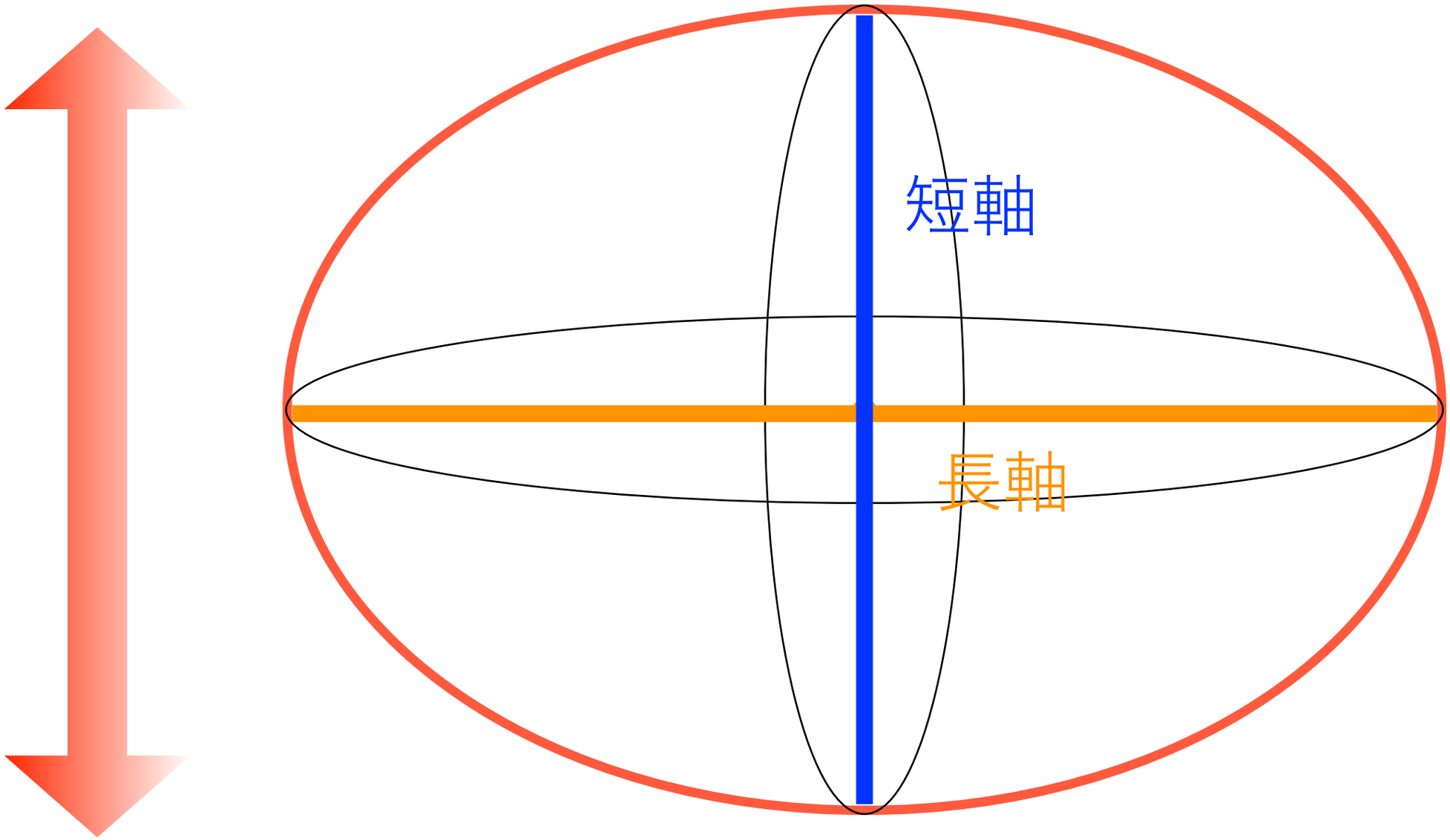
2．地心直交座標

3．楕円体・ジオイド・地表の関係



測量の基準

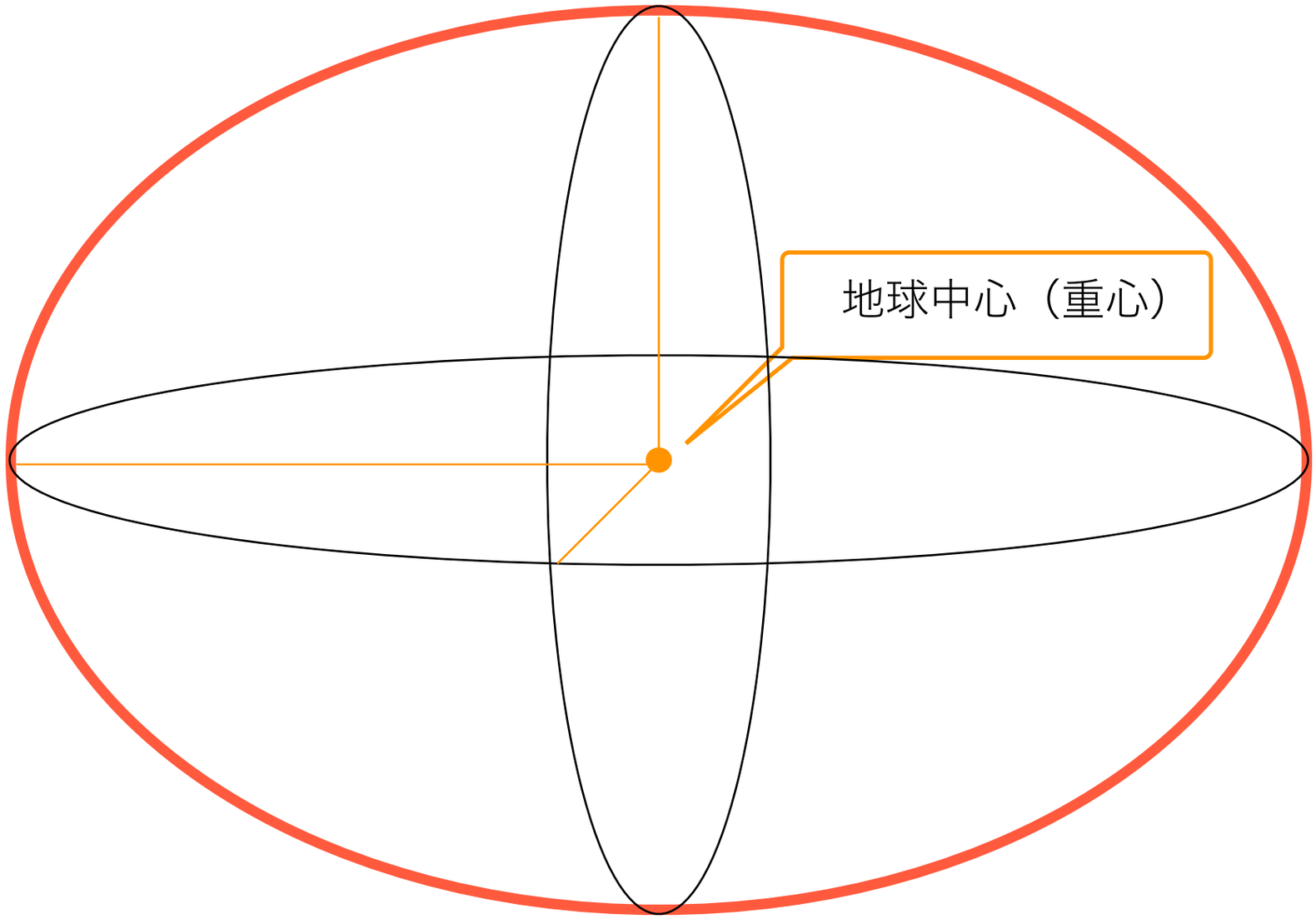
捉え方によって様々な地球がある。測量は地球が楕円体である前提で行う。



扁平率＝「　　」に対する

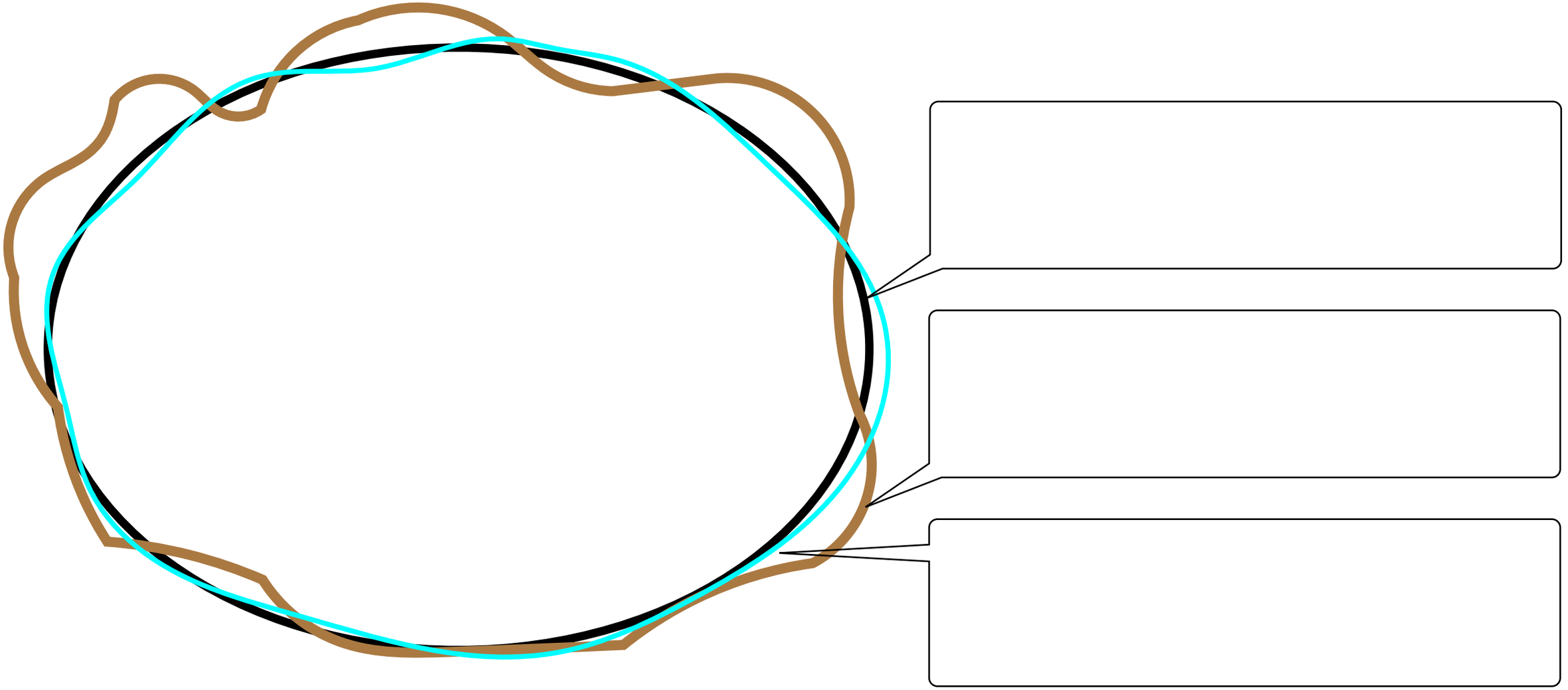
「　　」の長さの割合

測量法でいう地球大きさの定義は長軸の長さと扁平率です。短軸は自転軸と同じと定義されています。



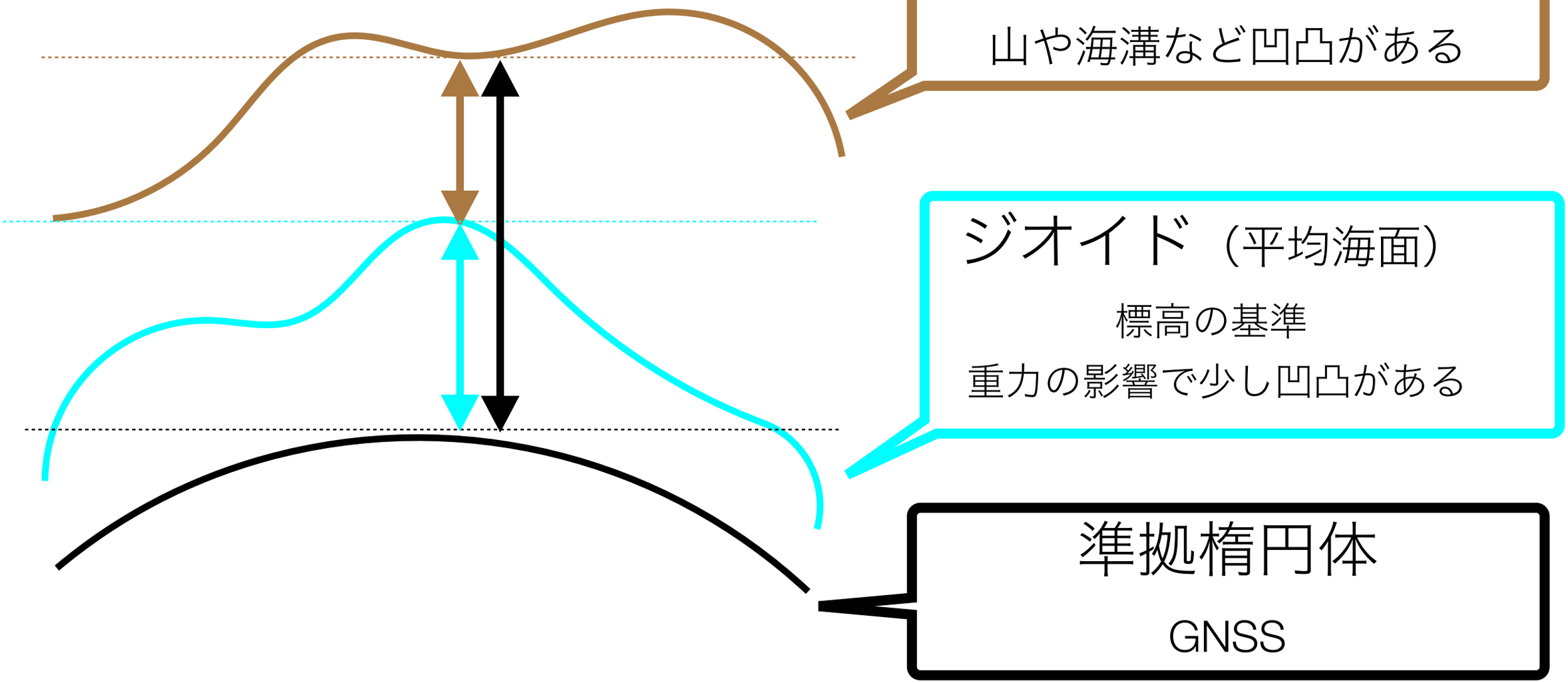
準拠楕円体＝「　　」

地球の中心を０とした座標で位置を表すことができる。横方向（XY）は赤道で切断した面、縦方向（Z）は極の方向。このような地球上の位置の表し方を「　　」といいます。



高さの基準

標高の基準はジオイド、GNSS測量で求まる高さの基準は楕円体であるため、変換が必要。



高さの基準

標高の基準はジオイド、GNSS測量で求まる高さの基準は楕円体であるため、変換が必要。

楕円体高＝

基準点測量　18

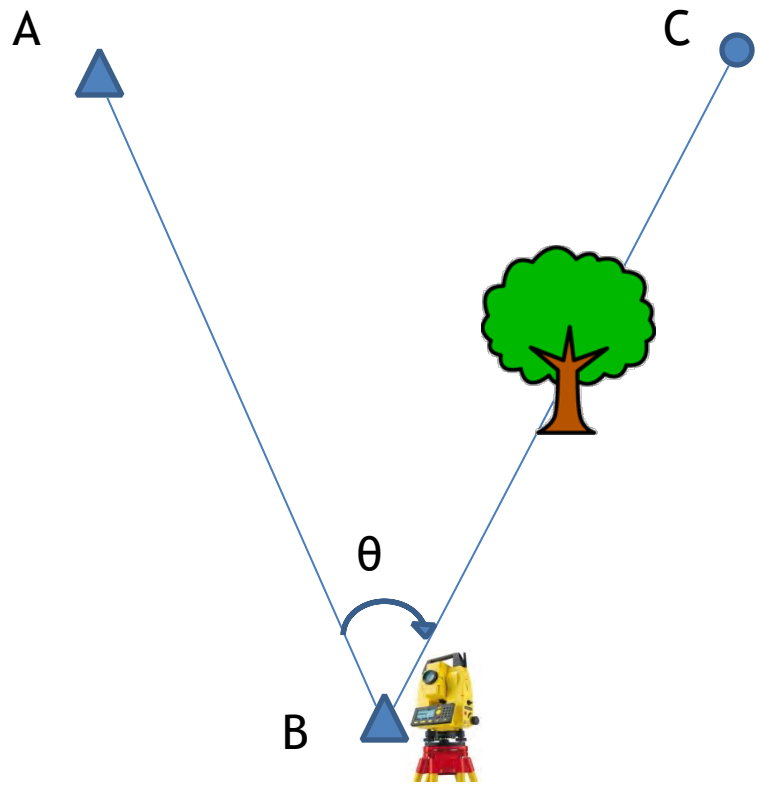
偏心計算

偏心とは？

偏心＝見通しがなく、観測ができない時に点をずらすこと

例：角θを求めたいがBC間の見通しが無い

（BからCが見えない）



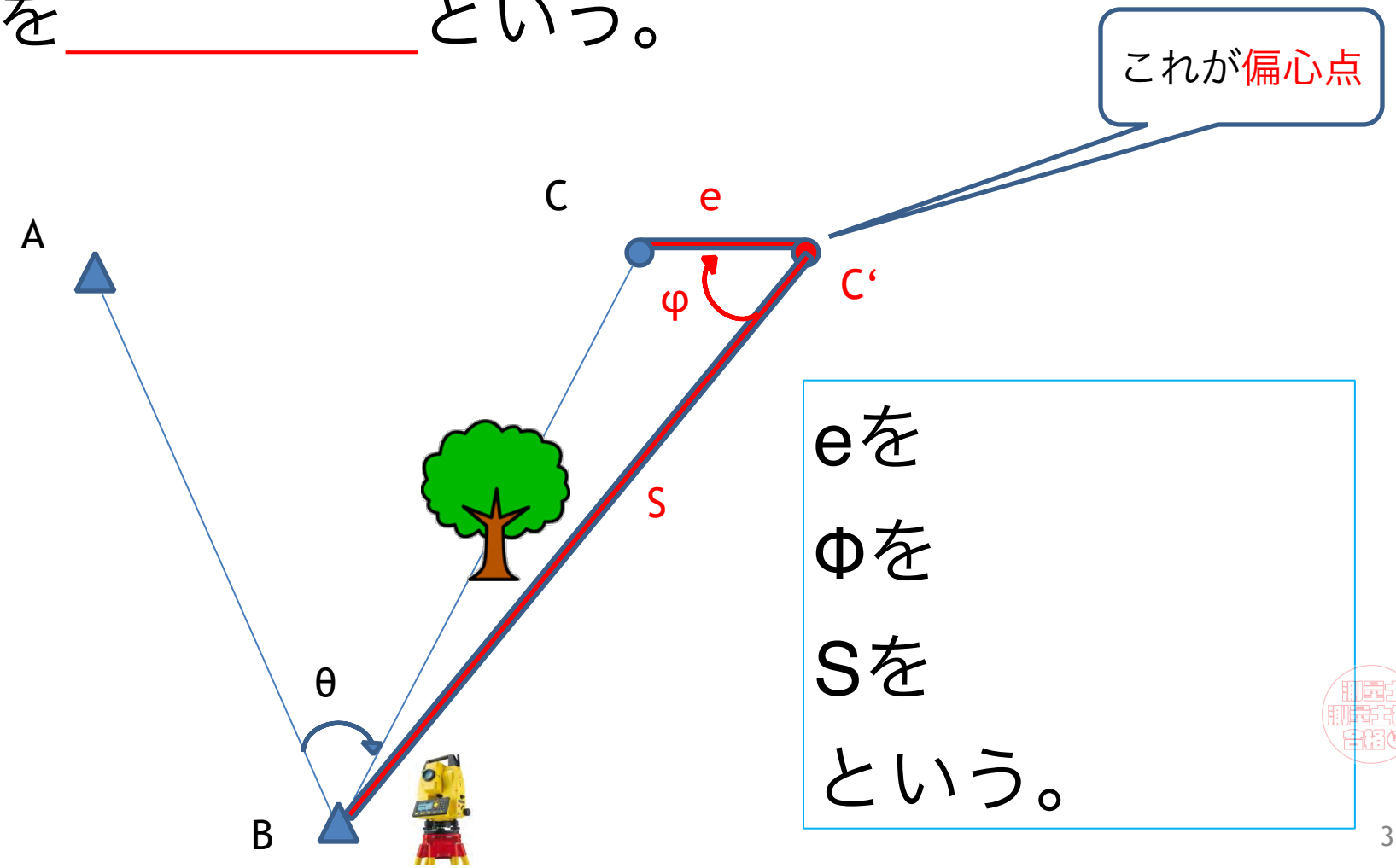
BにTSを据えてθを観測すれば良いのだが、見通しがなくこまった

（´・ω・`）

偏心とは？

B点から見通せる点にC点に代わる点を作る。

これを＿＿＿＿＿＿＿＿という。



eを

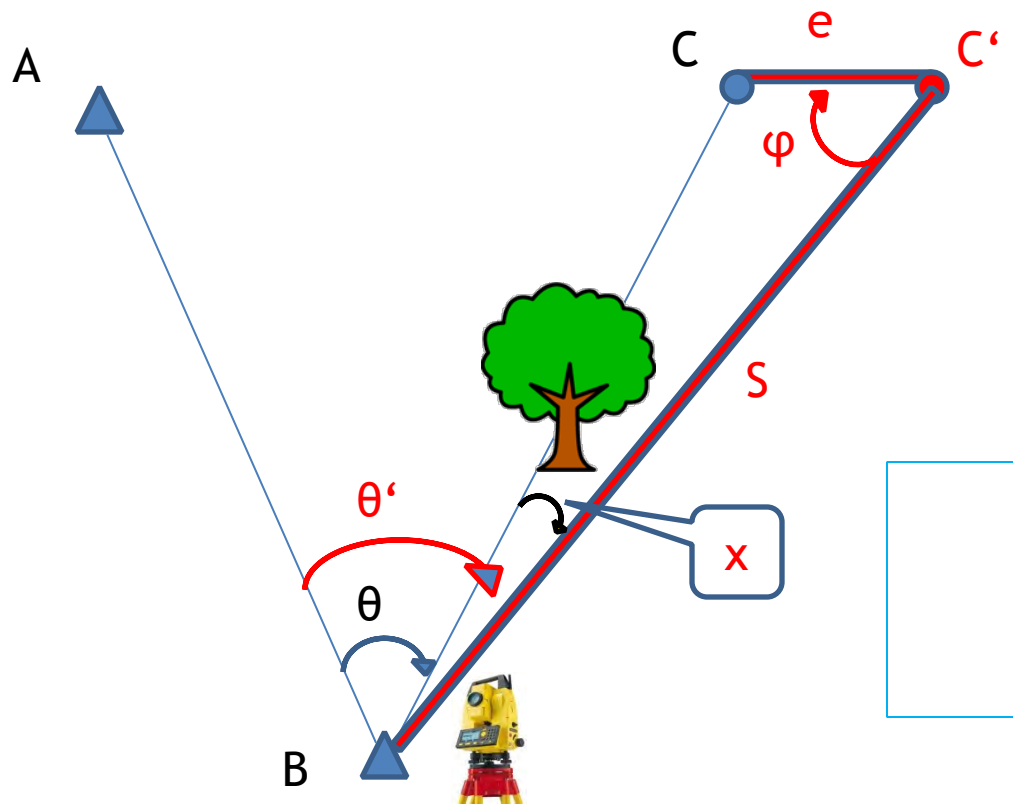
Φを

Sを

という。

偏心の計算

本来知りたい角はθであるが、見通しが無いので偏心点C'を設置し、代わりにe・S・φ・θ'を測定する。



この時、

$\theta = \theta' - x$

偏心の計算

θを知るために必要なxの角度は以下の公式で求まる。

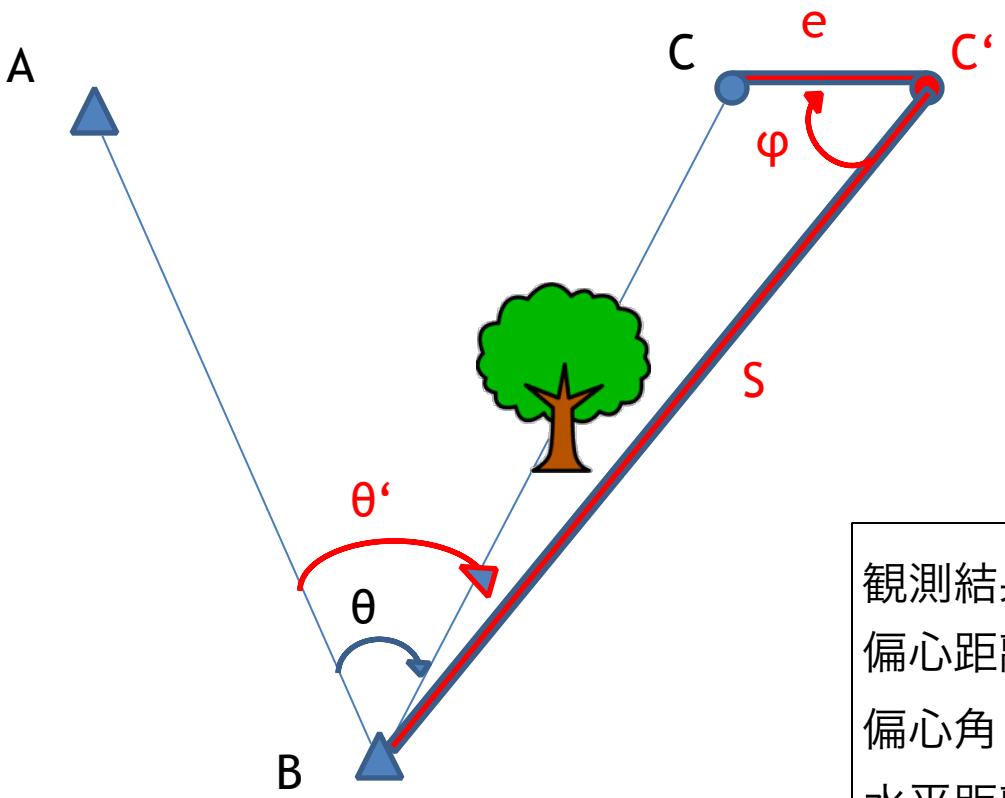
$x'' =$

この公式では求まる値は”（秒）なので注意！

※$\rho'' = 2 \times 10^5$

では、例題を一緒にやってみましょう！

偏心の計算（例題）



例題

図のように、点BにTSを据え角度θを測量しようとしたところ、点Bから点Cの視通線上に障害物が有り見通せなかった。

この時、点Ｃの偏心点C’を設置し以下の測定結果を得た。角度θはいくつになるか？

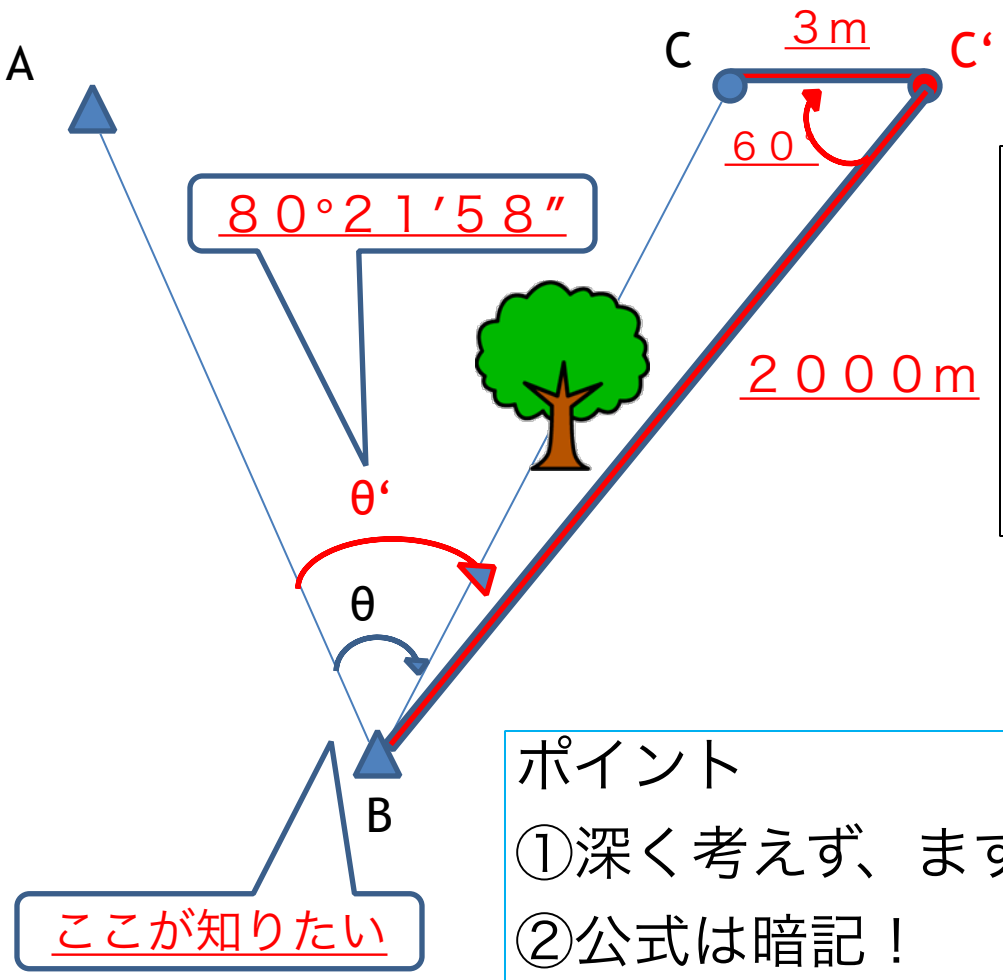
ただしρ″＝２×１０^{5}

観測結果

偏心距離（e）	３m
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	２０００m
測定角（θ‘）	８０°２１′５８″

※本番の問題はもっと不親切です（´Ａ｀）

偏心の計算（例題）



観測結果

偏心距離（e）	３ｍ
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	２０００ｍ
測定角（θ‘）	８０°２１’５８”

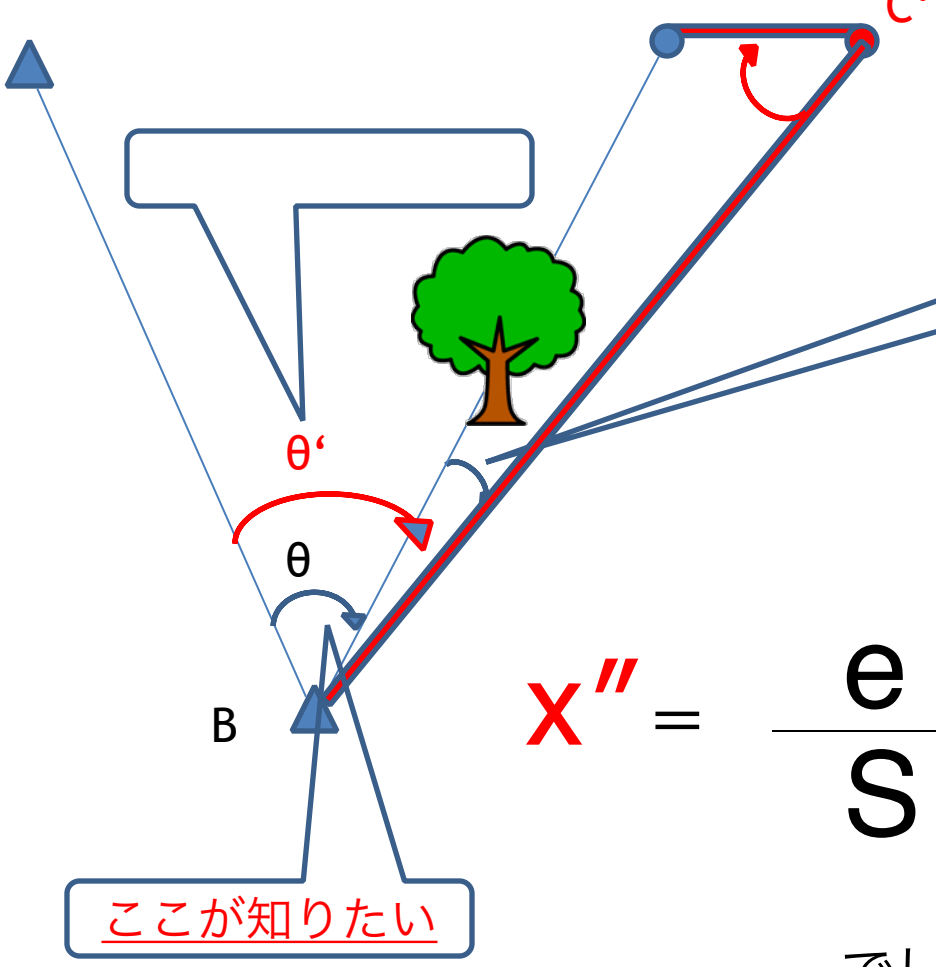
ポイント

①深く考えず、まずは問題を解いてみよう！

②公式は暗記！

③数値を図に書き込んでしまおう

例題の解答１



基本的な考え方
測定角から足すか引くで知りたい角度がでる。

この場合

この角を X

とすると

θ＝θ‘－ X

で答えが求まる。

$$X'' = \frac{e}{S} \cdot \sin\phi \cdot \rho''$$

でしたよね(・ω・)ノ

例題の解答２

$$x'' = \frac{e}{S} \cdot \sin\phi \cdot \rho''$$

観測結果

偏心距離（e）	３ｍ
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	２０００ｍ
測定角（θ‘）	８０°２１’５８”

公式に数値を入れてみましょう・・・

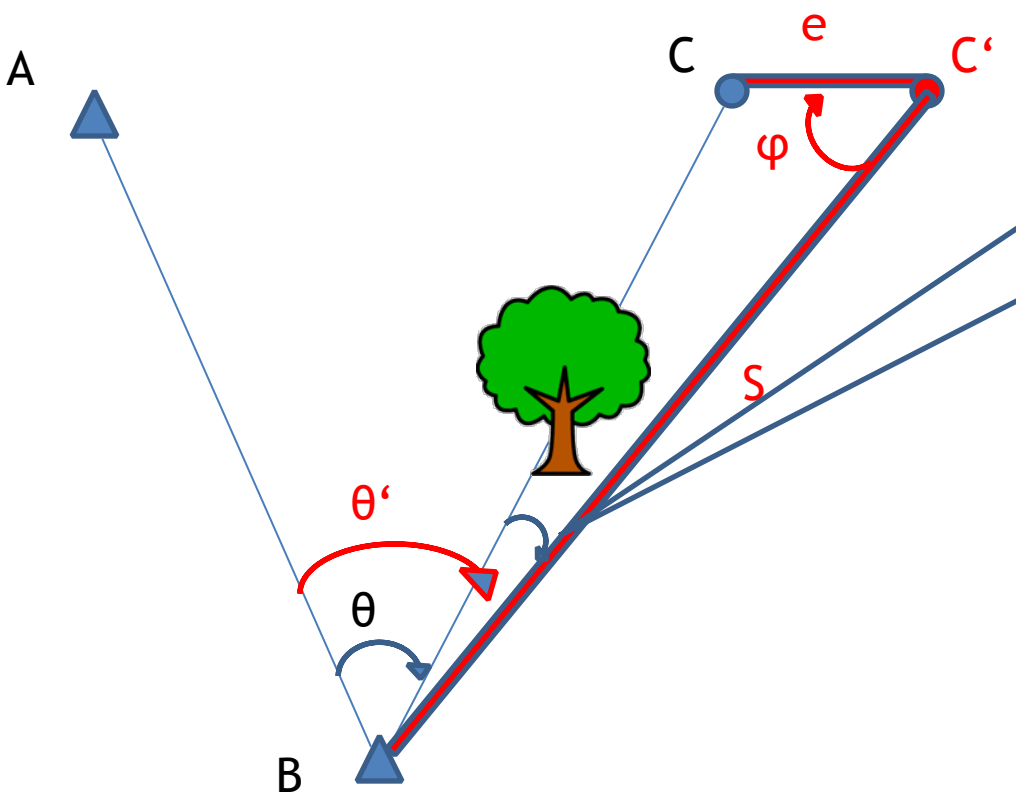
eは短い方の距離、Sは長い方の距離、φは偏心点の内側の角度です。

$$x'' =$$

電卓で打つときはこの「“」は打たないこと

例題の解答３

公式の計算結果から・・・



この角ｘが４’２０”

とわかりました。

「θ＝θ‘－ｘ」

なので

次は過去問題に挑戦しましょう！

基準点測量　19

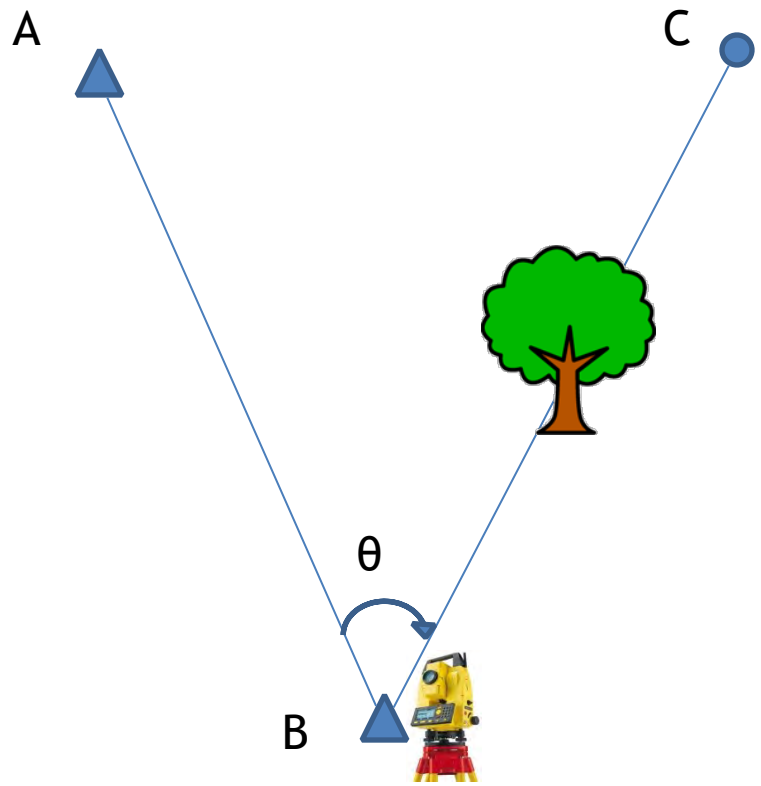
偏心計算（余弦定理）

偏心とは？

偏心＝見通しがなく、観測ができない時に点をずらすこと

例：角θを求めたいがBC間の見通しが無い

（BからCが見えない）



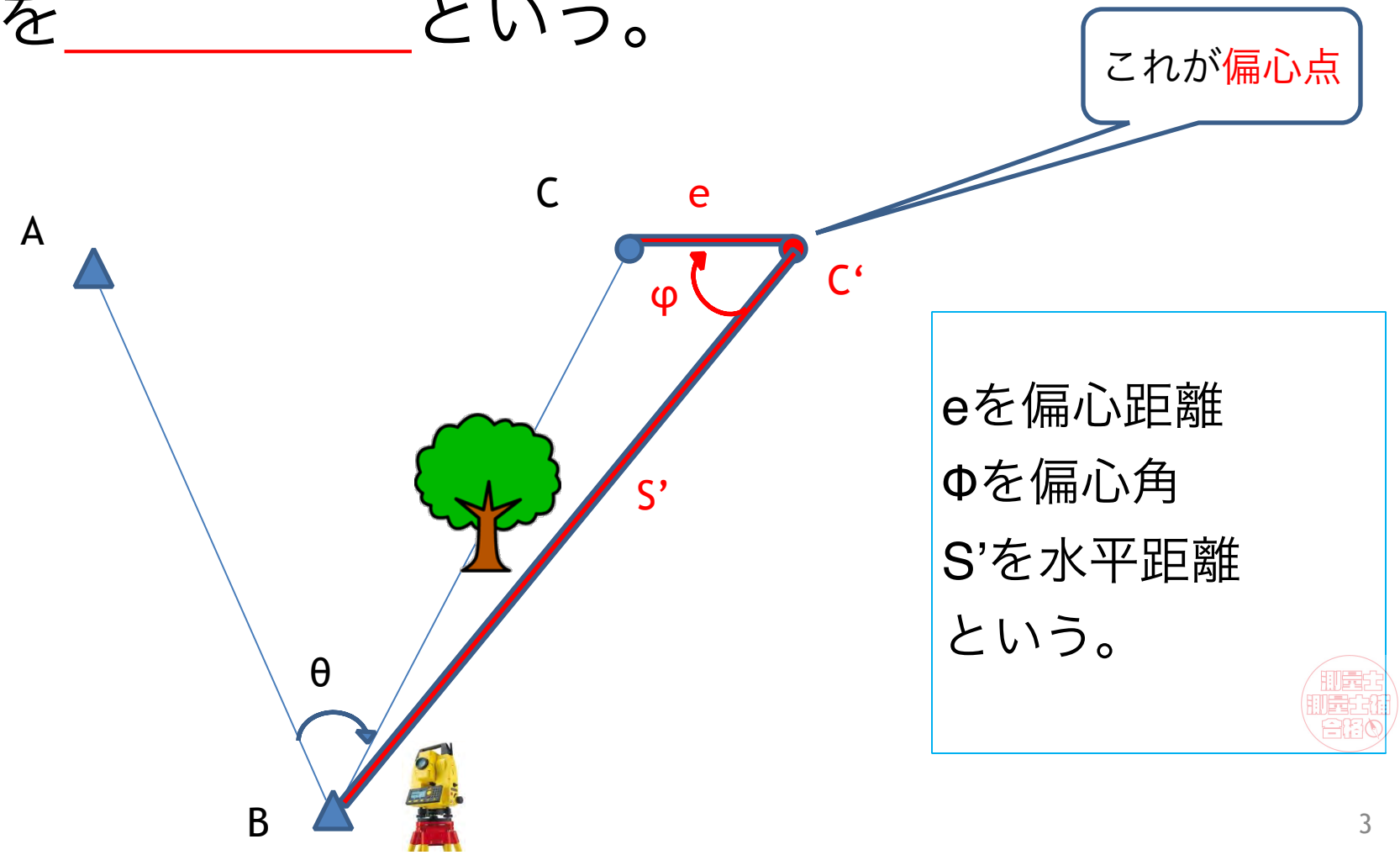
BにTSを据えてθを観測すれば良いのだが、見通しがなくこまった

（´・ω・`）

偏心とは？

B点から見通せる点にB点に代わる点を作る。

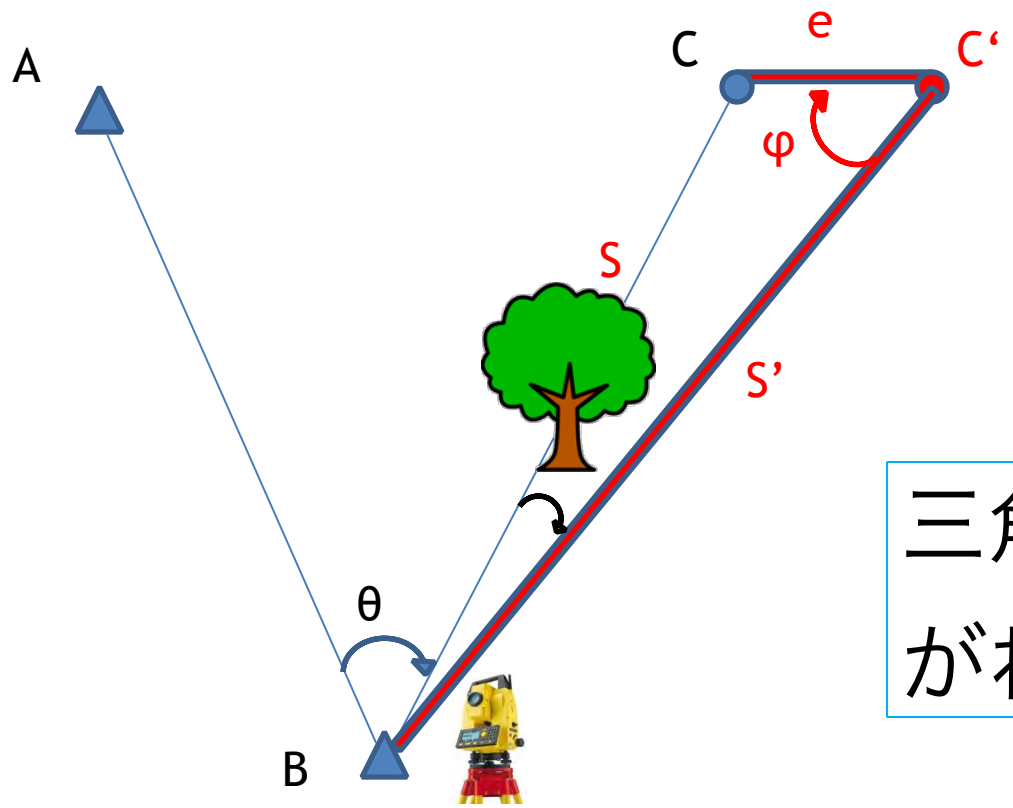
これを＿＿＿＿＿＿という。



eを偏心距離
Φを偏心角
S’を水平距離
という。

距離の計算

本来知りたい距離はS（BC間の距離）であるが、見通しが無いので偏心点C’を設置し、代わりにe・S’・φを測定する。



三角関数を使えばSがわかる！

距離の計算

Sは公式で求まる。

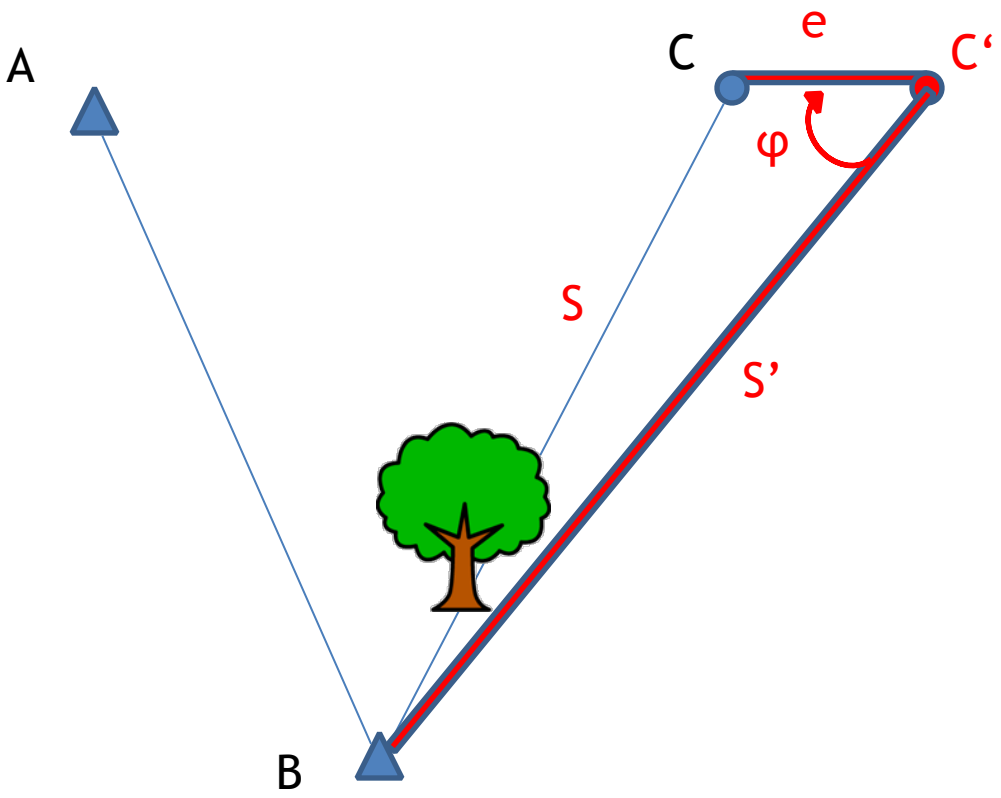
数学で習う「余弦定理」なので測量の知識ゼロでも解ける問題だった。

では、例題を一緒にやってみましょう！

余弦定理

辺と対応する角が大文字小文字の関係です。
思い出してみましょう！

偏心の計算（例題）



例題

図のように、点BにTSを据え距離Sを測量しようとしたところ、点Bから点Cの視通線上に障害物が有り見通せなかった。

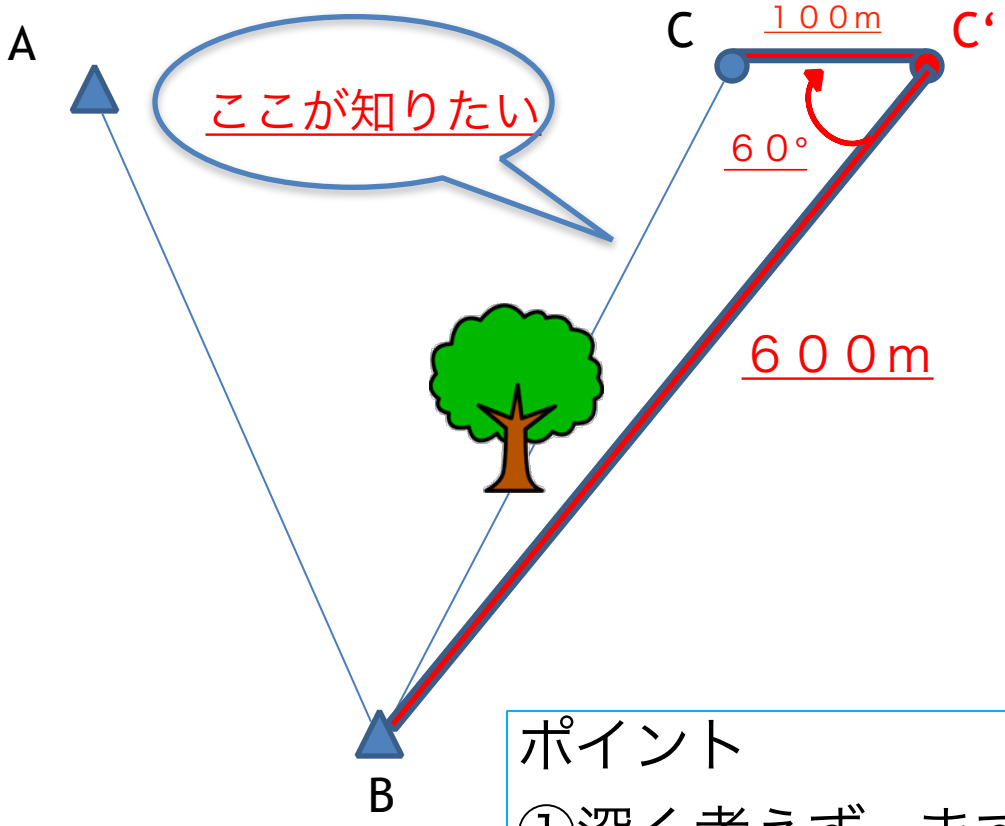
この時、点Ｃの偏心点C’を設置し以下の測定結果を得た。距離Sはいくつになるか？

観測結果

偏心距離（e）	１００m
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	６００m

※本番の問題はもっと不親切です（´Ａ｀）

偏心の計算（例題）



観測結果

偏心距離（e）	１００m
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	６００m

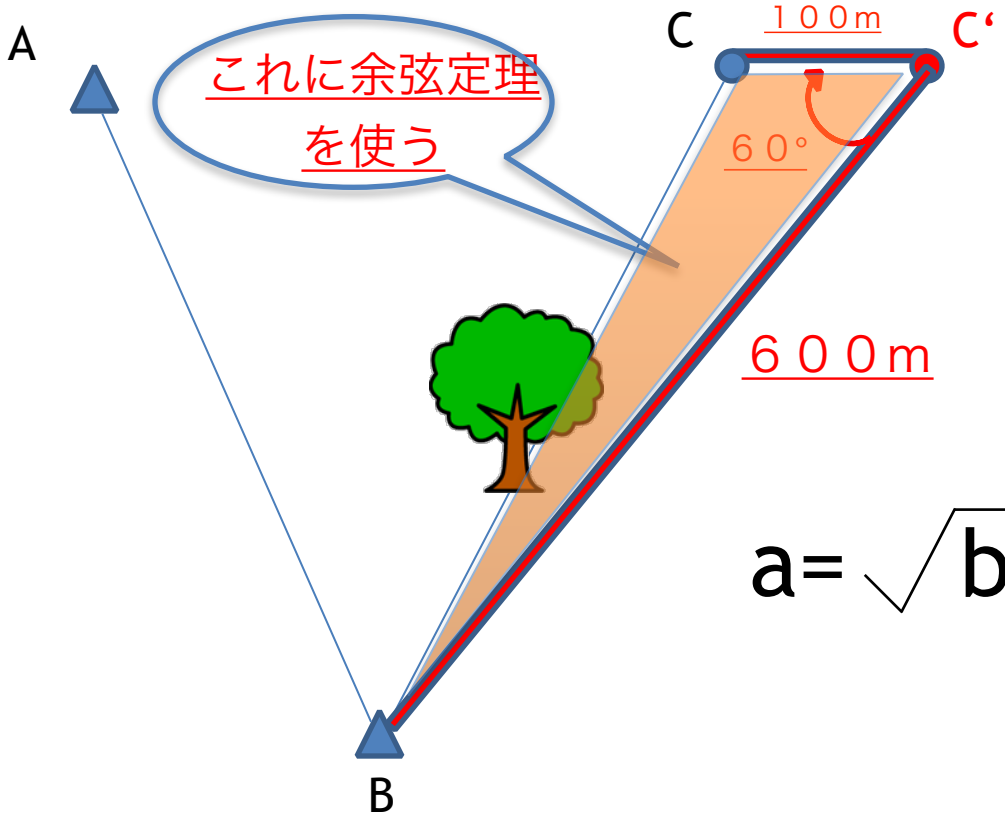
ポイント

①深く考えず、まずは問題を解いてみよう！

②公式は暗記！

③数値を図に書き込んでしまおう

偏心の計算（例題）

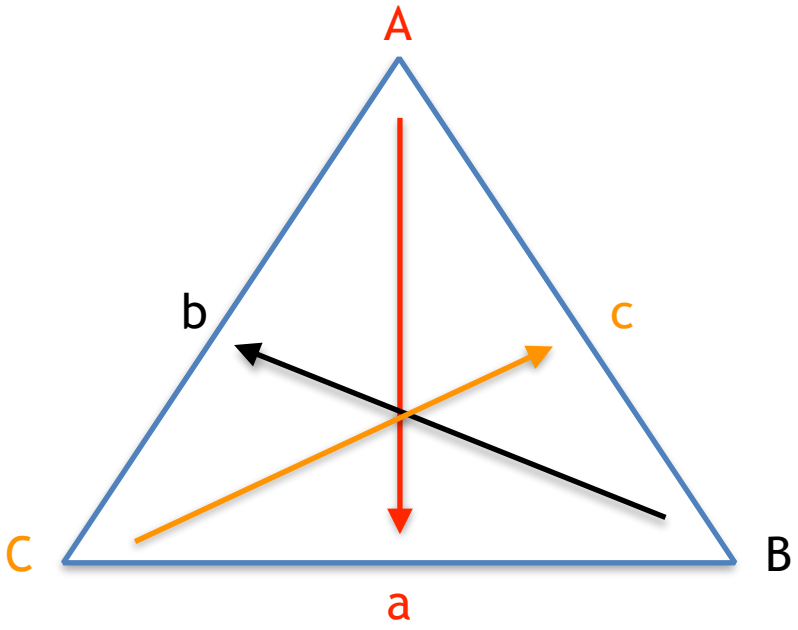


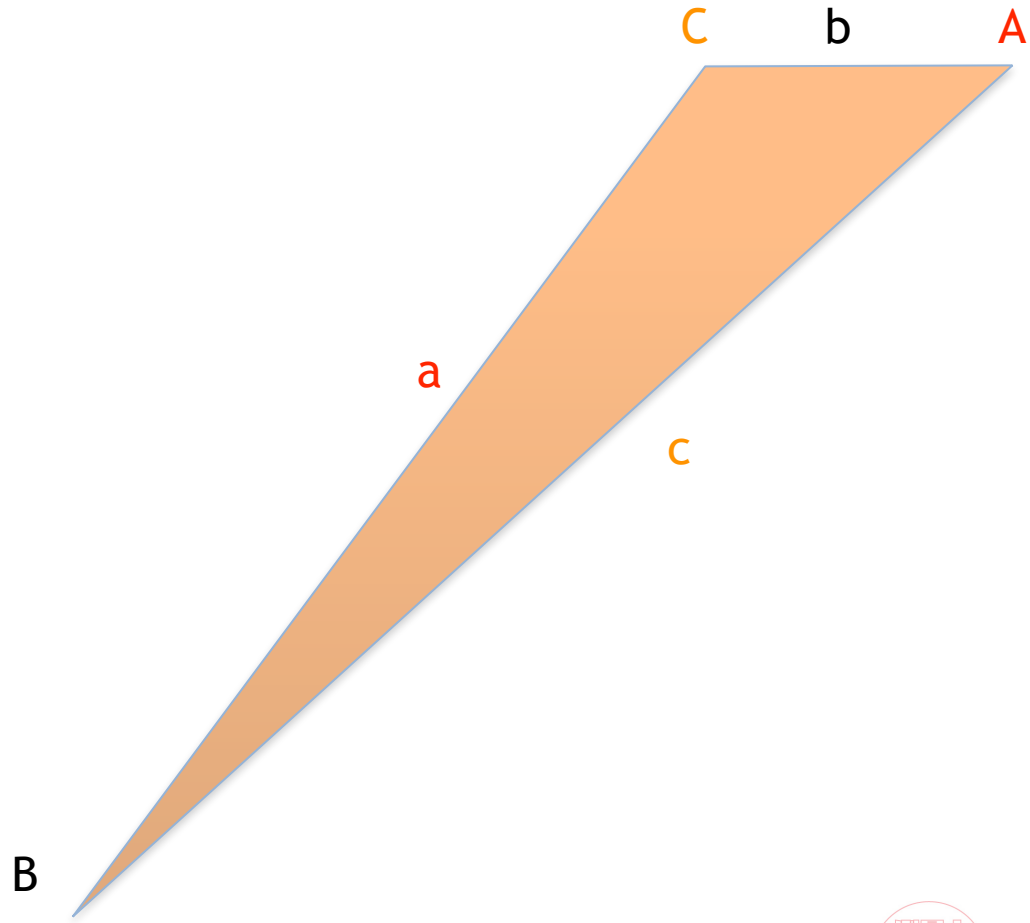
観測結果

偏心距離（e）	１００m
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	６００m

$$a=\sqrt{b^2+c^2-2bc\cdot\cos A}$$

偏心の計算（例題）

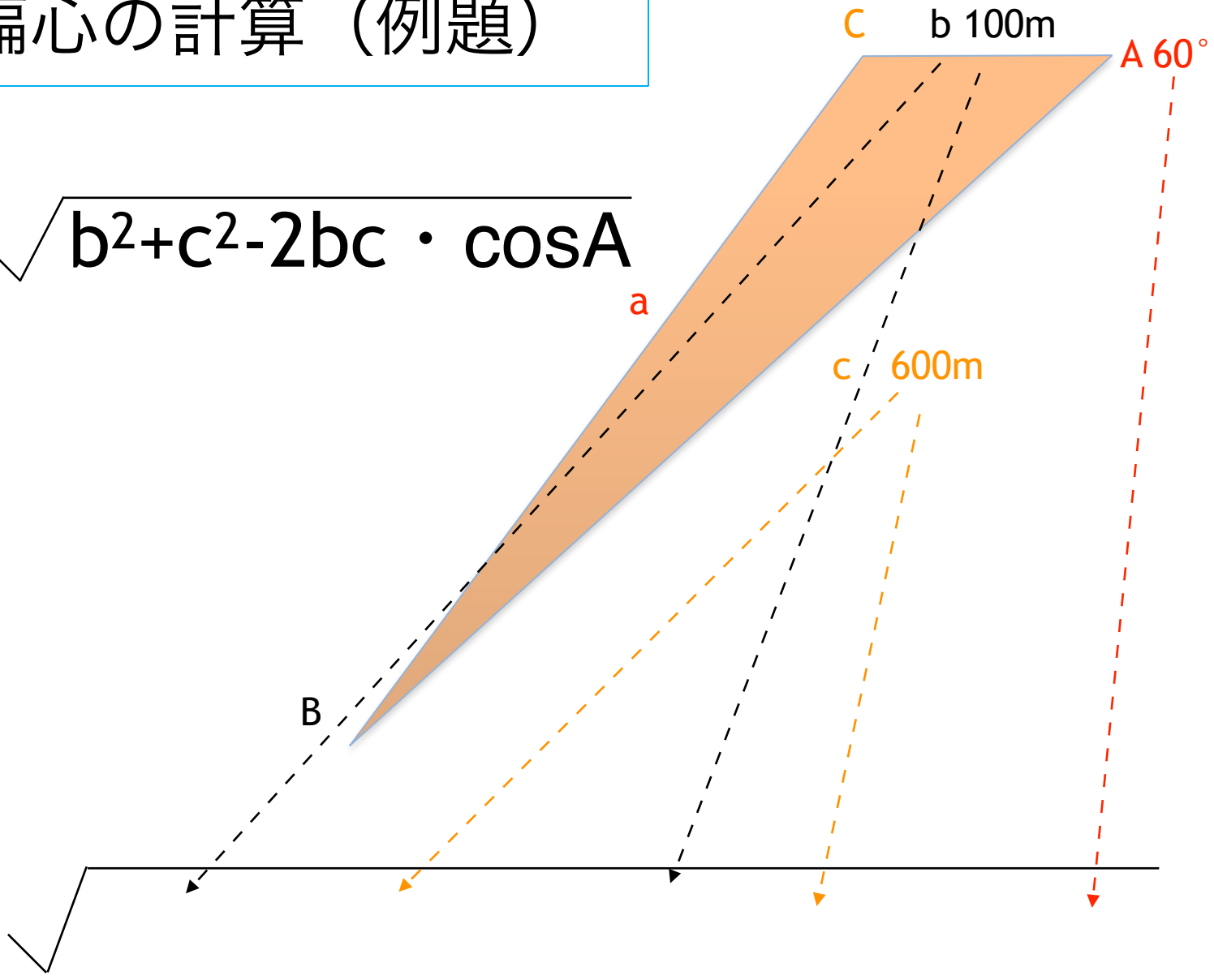




$$a=\sqrt{b^2+c^2-2bc\cdot\cos A}$$

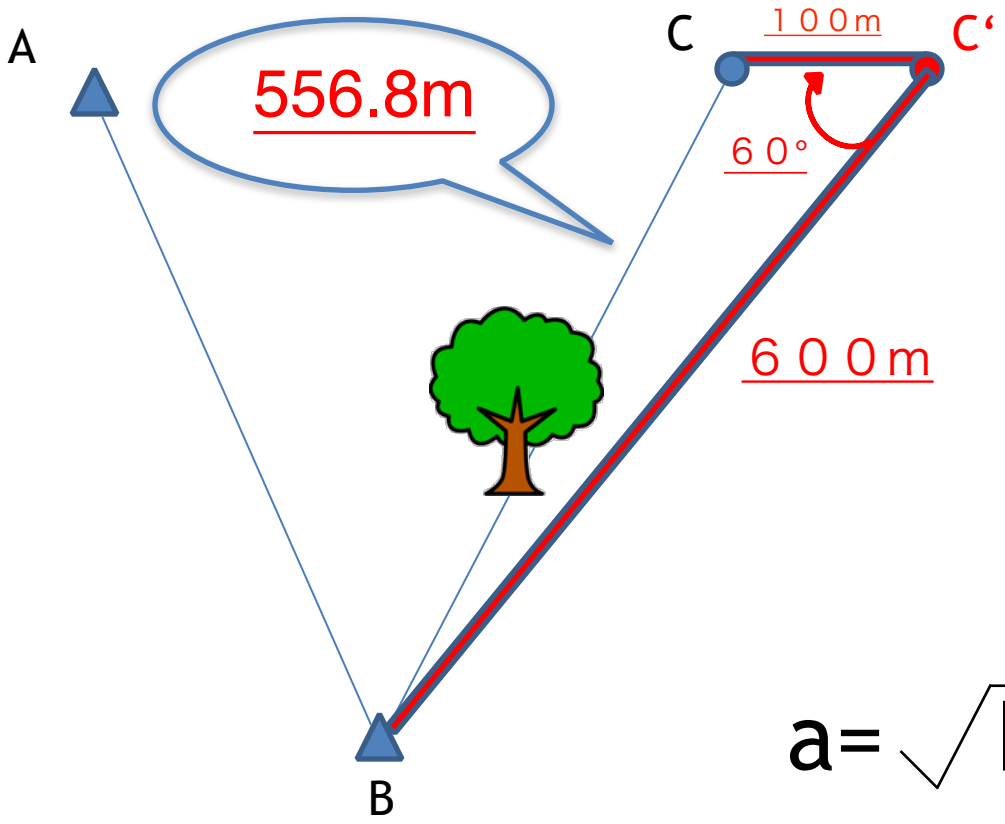
偏心の計算（例題）

$$a=\sqrt{b^2+c^2-2bc\cdot\cos A}$$



偏心の計算（例題）

偏心の計算（答え）



観測結果

偏心距離（e）	１００m
偏心角（φ）	６０°
水平距離（S）	６００m

$$a=\sqrt{b^2+c^2-2bc\cdot\cos A}$$

結果

Sは　　m

では、過去の類似問題に挑戦してみましょう！

基準点測量　20

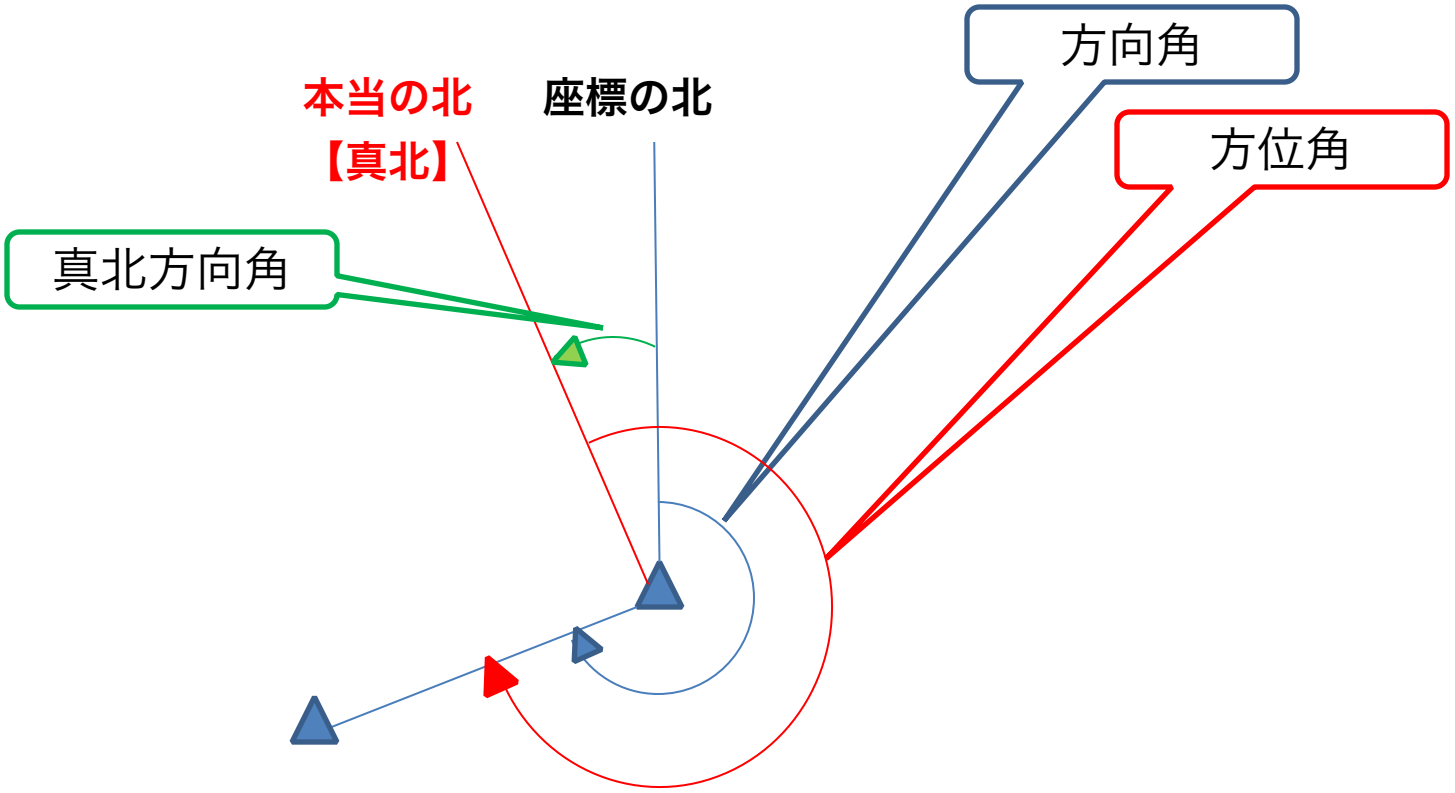
方向角の計算

方向角とは？

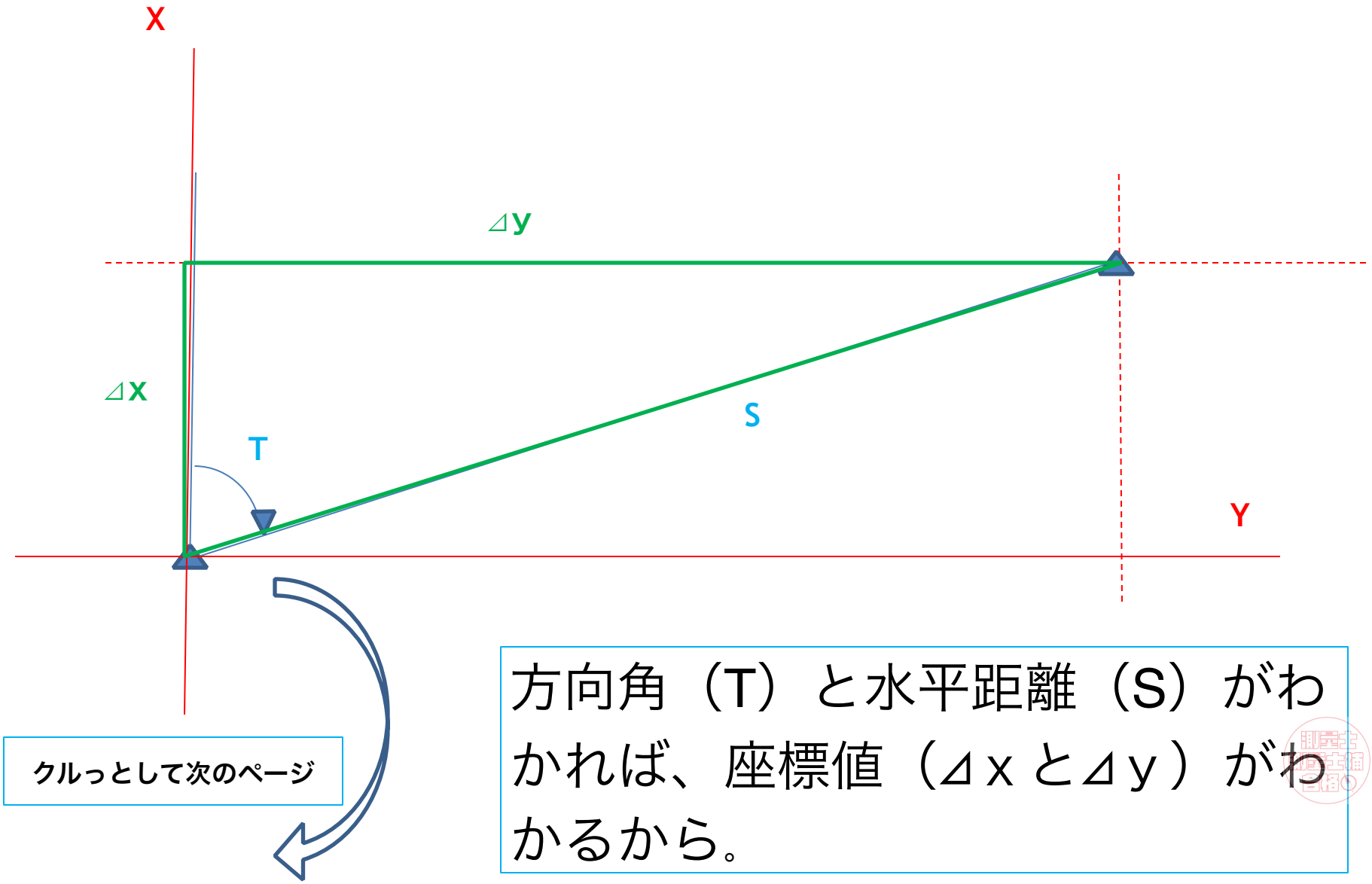
方**向**角＝座標の北からの角度のこと

方**位**角＝真北からの角度のこと

真北方向角＝座標の北から真北までの角度のこと



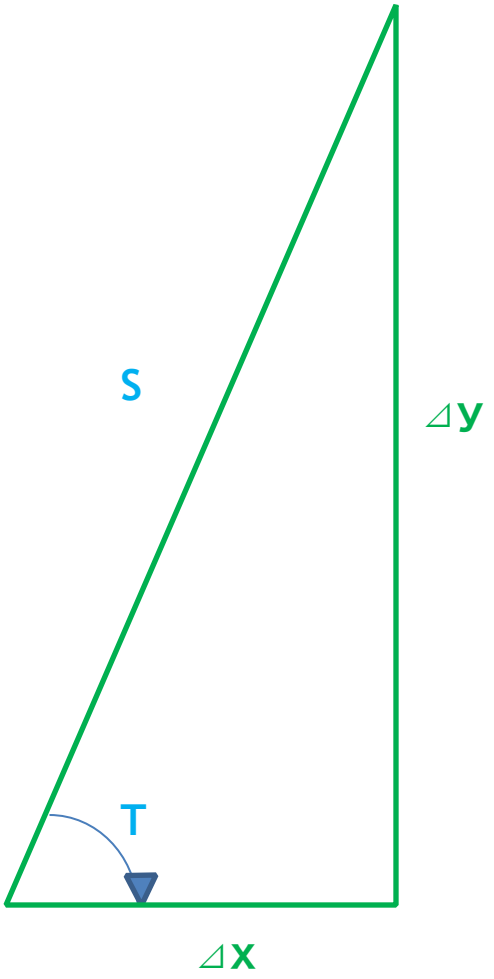
なぜ方向角を知る必要があるの？



クルっとして次のページ

方向角（T）と水平距離（S）がわかれば、座標値（⊿ｘと⊿ｙ）がわかるから。

なぜ方向角を知る必要があるの？



斜辺に対して「縦はsin、横はcos」なので

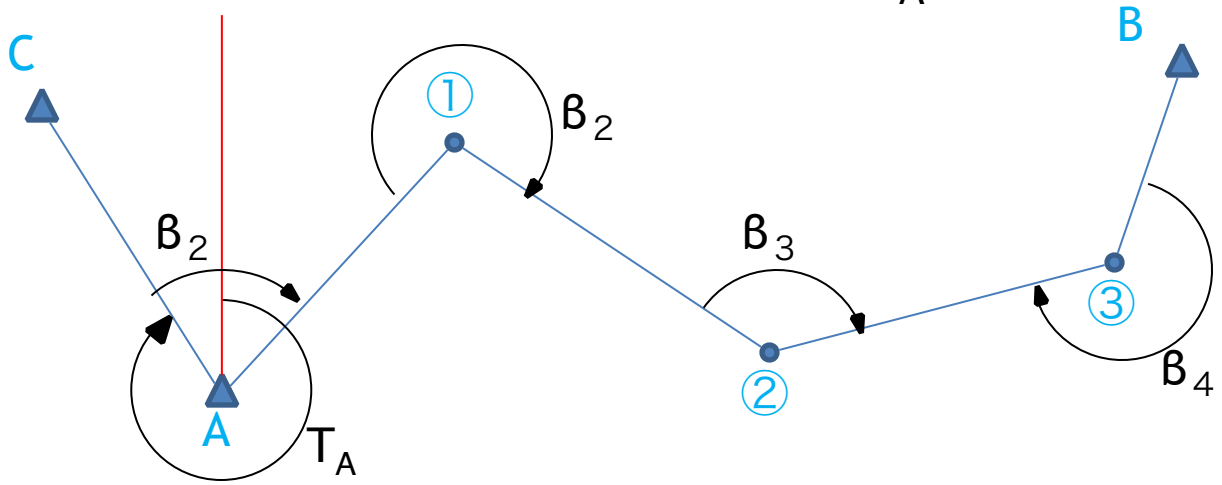
$$\Delta x = S \cdot \cos T$$

$$\Delta y = S \cdot \sin T$$

このために基準点の方向角（T）が必要！

方向角の計算（例題）

図のように多角測量を実施し、表の通り狭角（きょうかく）の観測値を得た。新点（３）における既知点Bの方向角はいくらか？ただし、既知点Aにおける既知点Cの方向角T_Aは330°14′43″とする。



狭角	観測値
β_1	80° 20′32″
β_2	260° 55′18″
β_3	141° 34′10″
β_4	273° 2′15″

（余談）T_AT←泣いてるみたいに見えるよね

ポイント

①じっくり時間をかけて手順どおり解こう。

②図に数値や矢印を書き込んで考えよう。

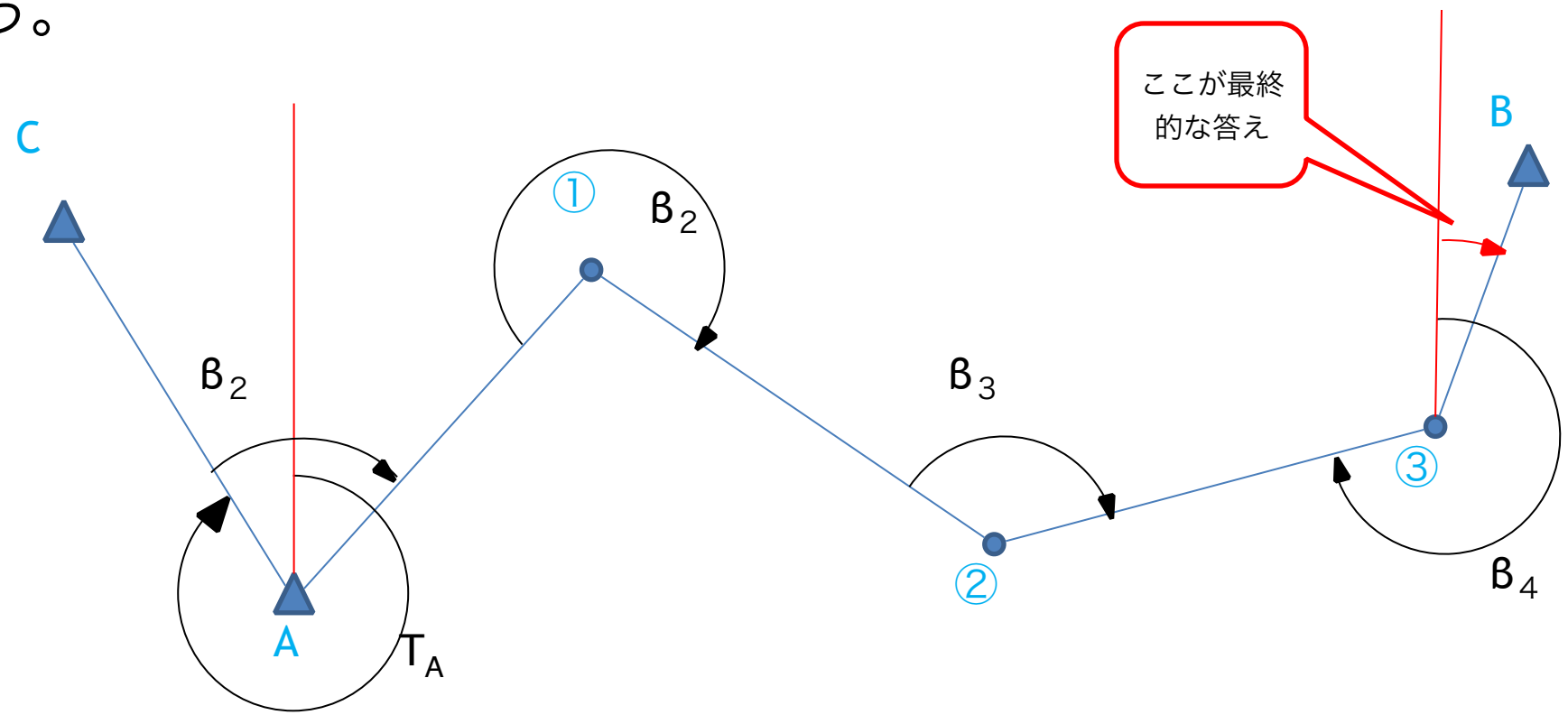
③単純な計算を繰り返すので、計算ミスに気をつけよう。

※本番の問題はもっと不親切です（´A｀）

測量士 測量士補 合格

例題の解答１

Aから①②③Bと順に次の点の方向角を求めていけば答えにたどり着きます。そのためにまず、各点の方向角を図に書き込みましょう。

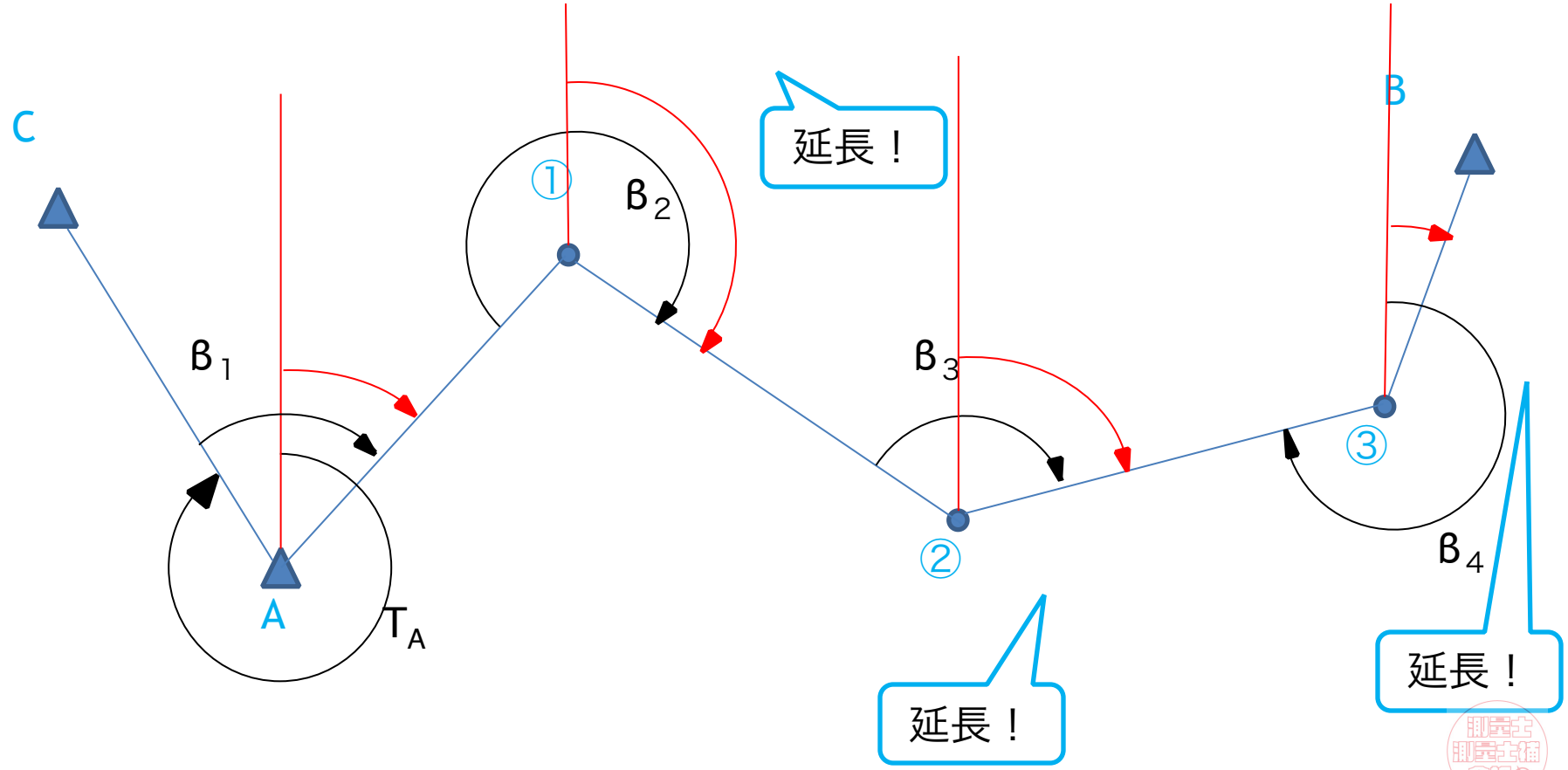


赤い線が座標の北、赤い矢印が各点の方向角です！

例題の解答２

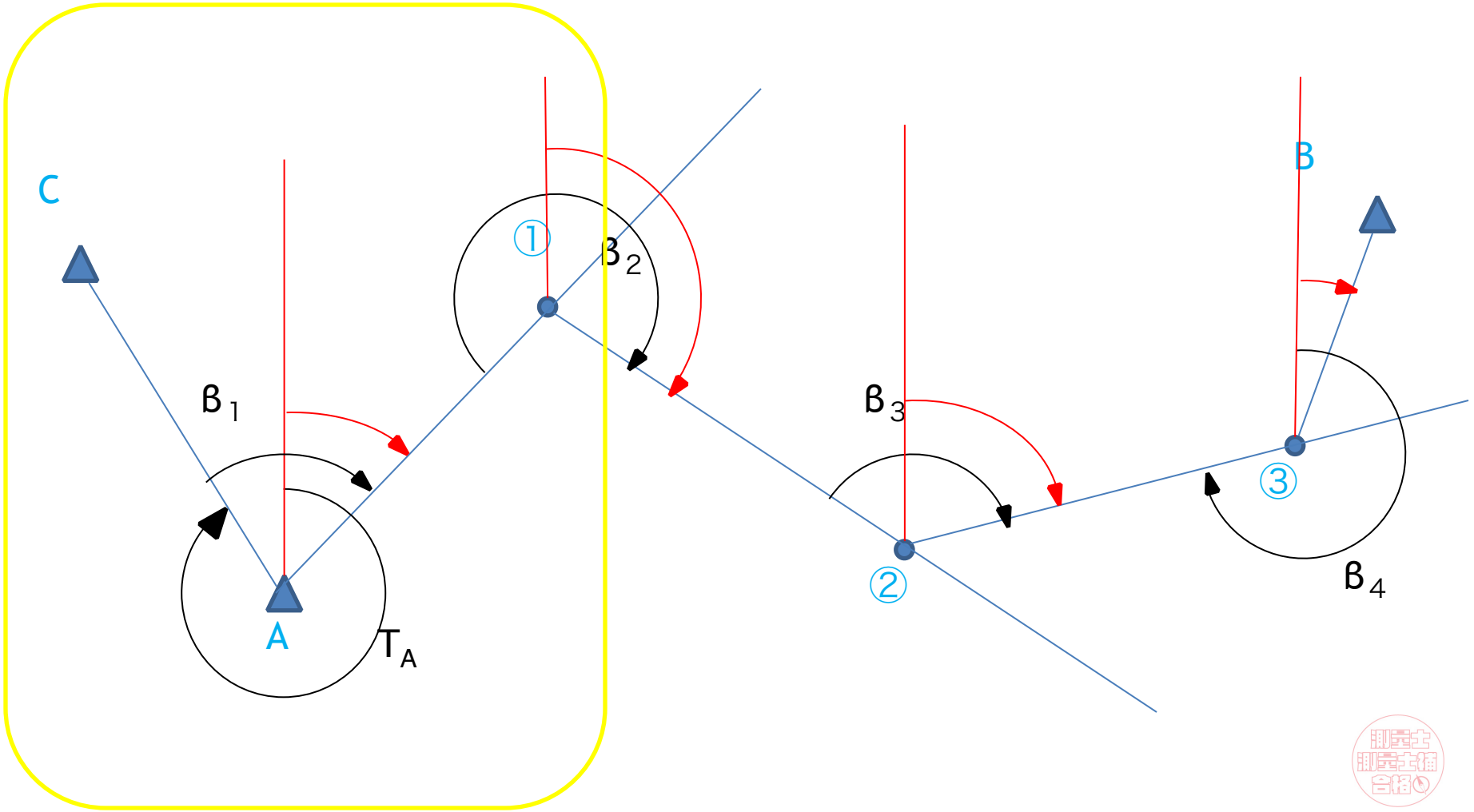
次に、問題を解くための補助線を図に書き込みましょう。

補助線は側線を延長するだけです。



赤い線が座標の北、赤い矢印が各点の方向角です！

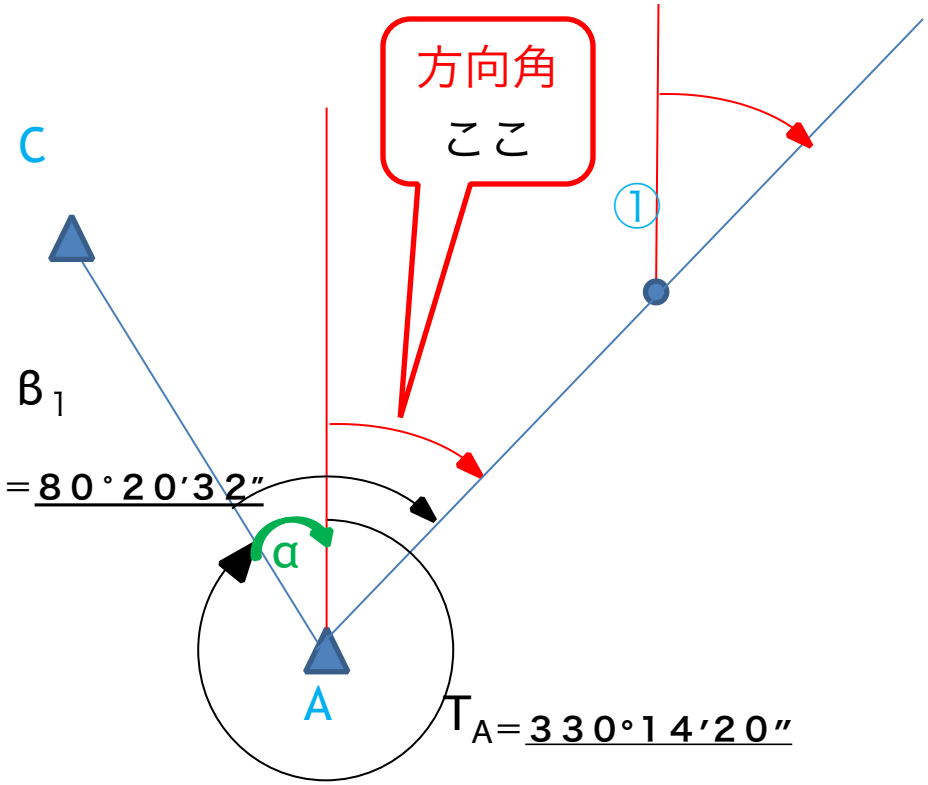
まずはここ



例題の解答３

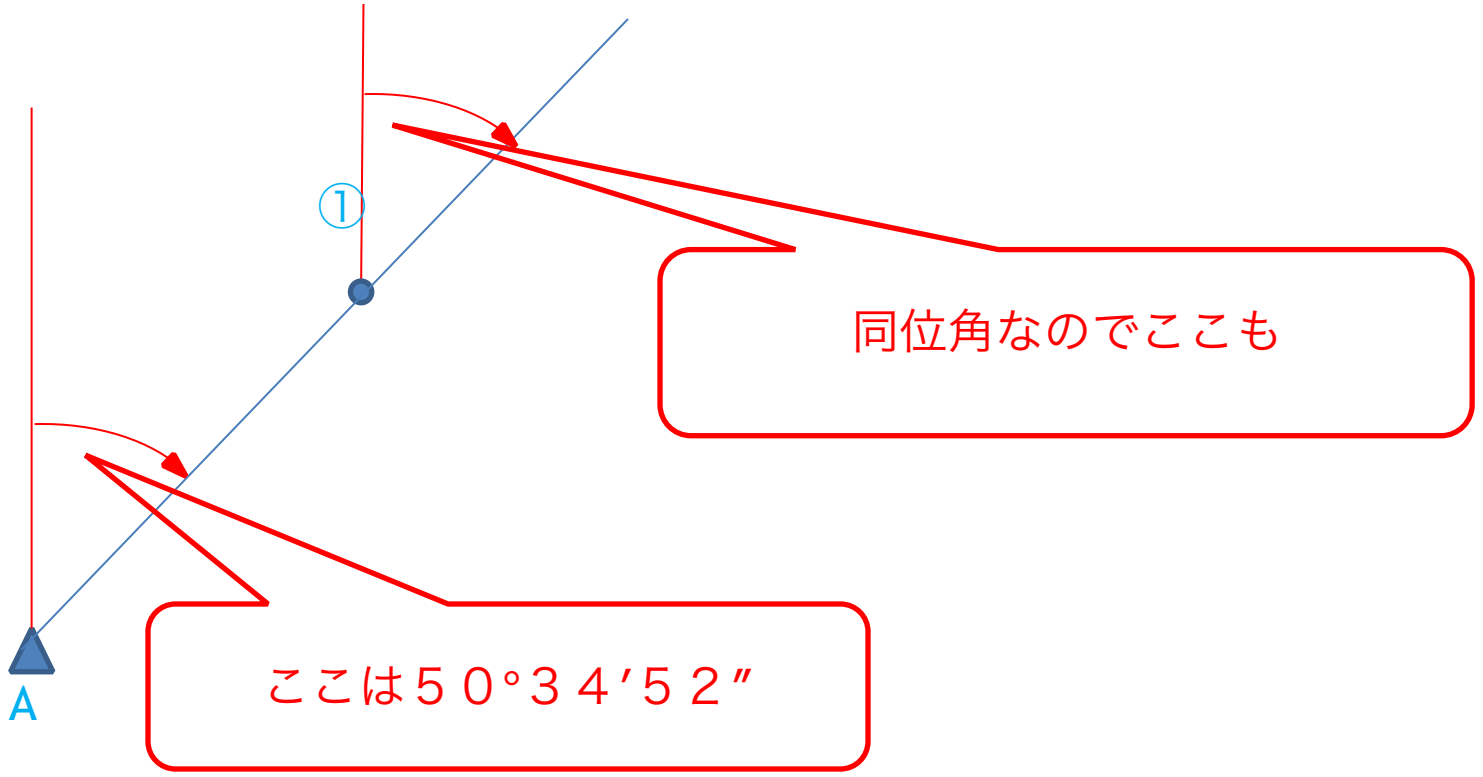
では、各点の方向角を計算してみましょう！

まずは、A点の①に対する方向角です。図に**数字を入れちゃいましょう**

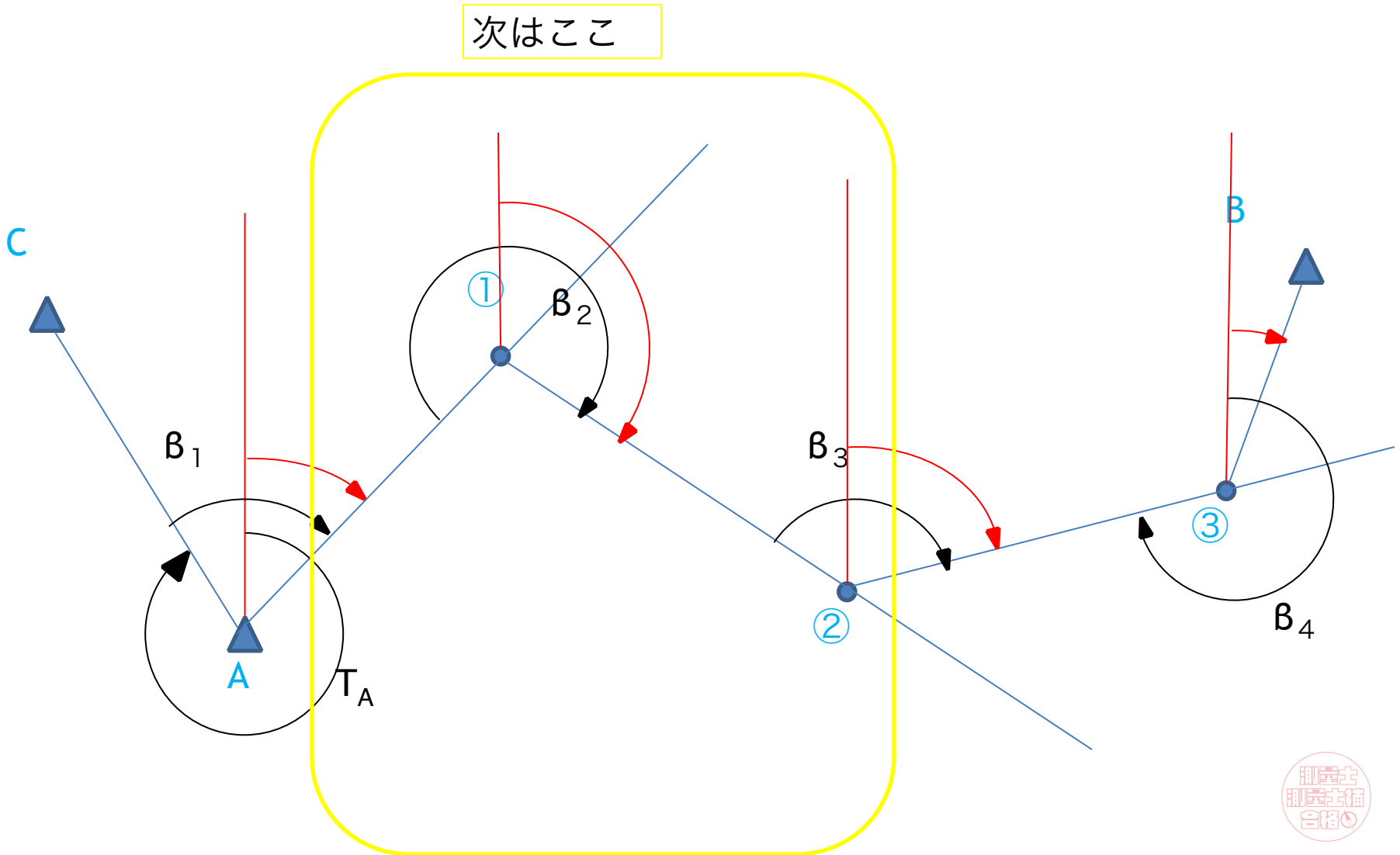


例題の解答４

図のように考えることで、求めた角度を次の点で利用します。



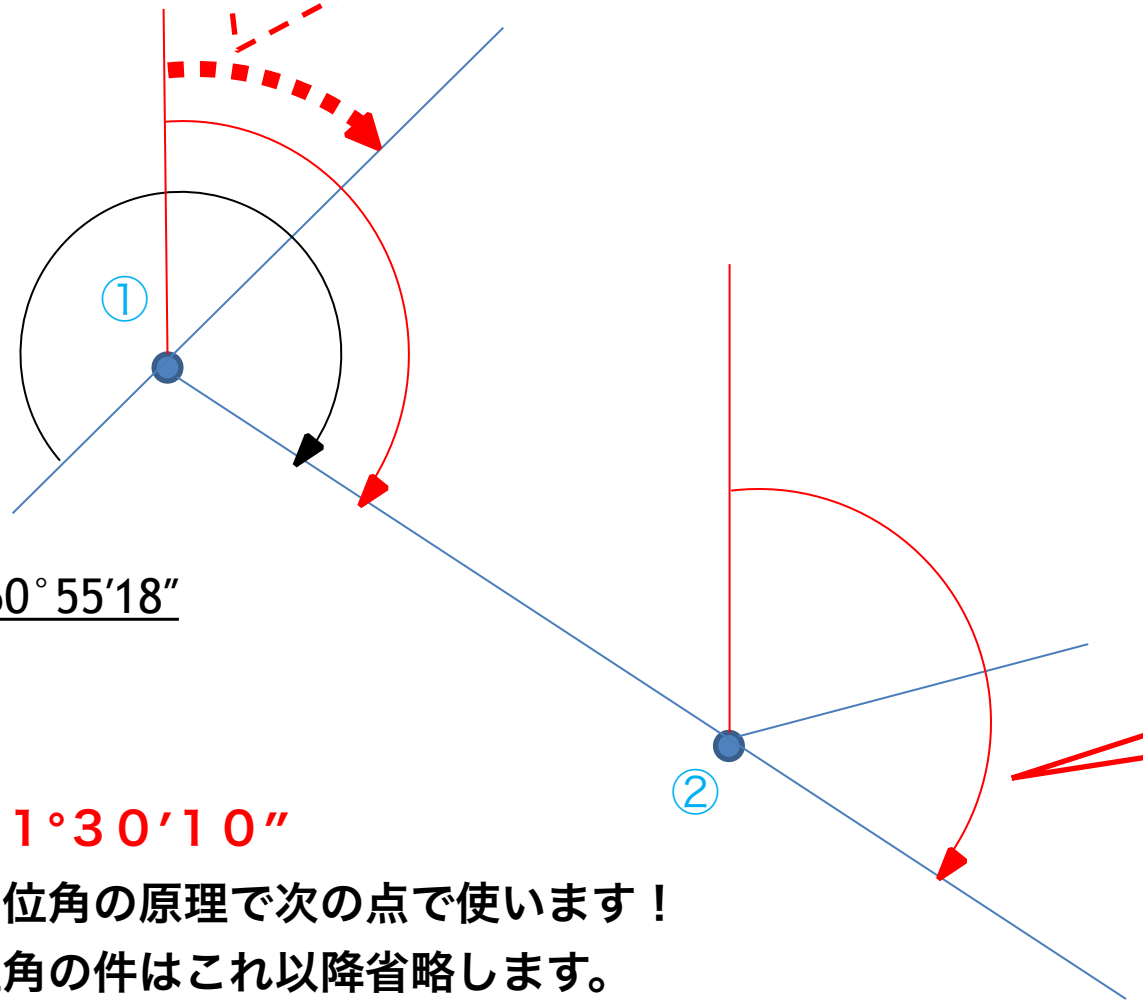
水色の線に交差する赤い二本の線（座標の北を表す）は平行なので同位角が成立します。


次はここ
C
A
B
①
②
③
β1
β2
β3
β4
TA

例題の解答５

次は、①の②に対する方向角です。

ここは　５０°３４′５２″



β_2

＝260°55′18″

で、

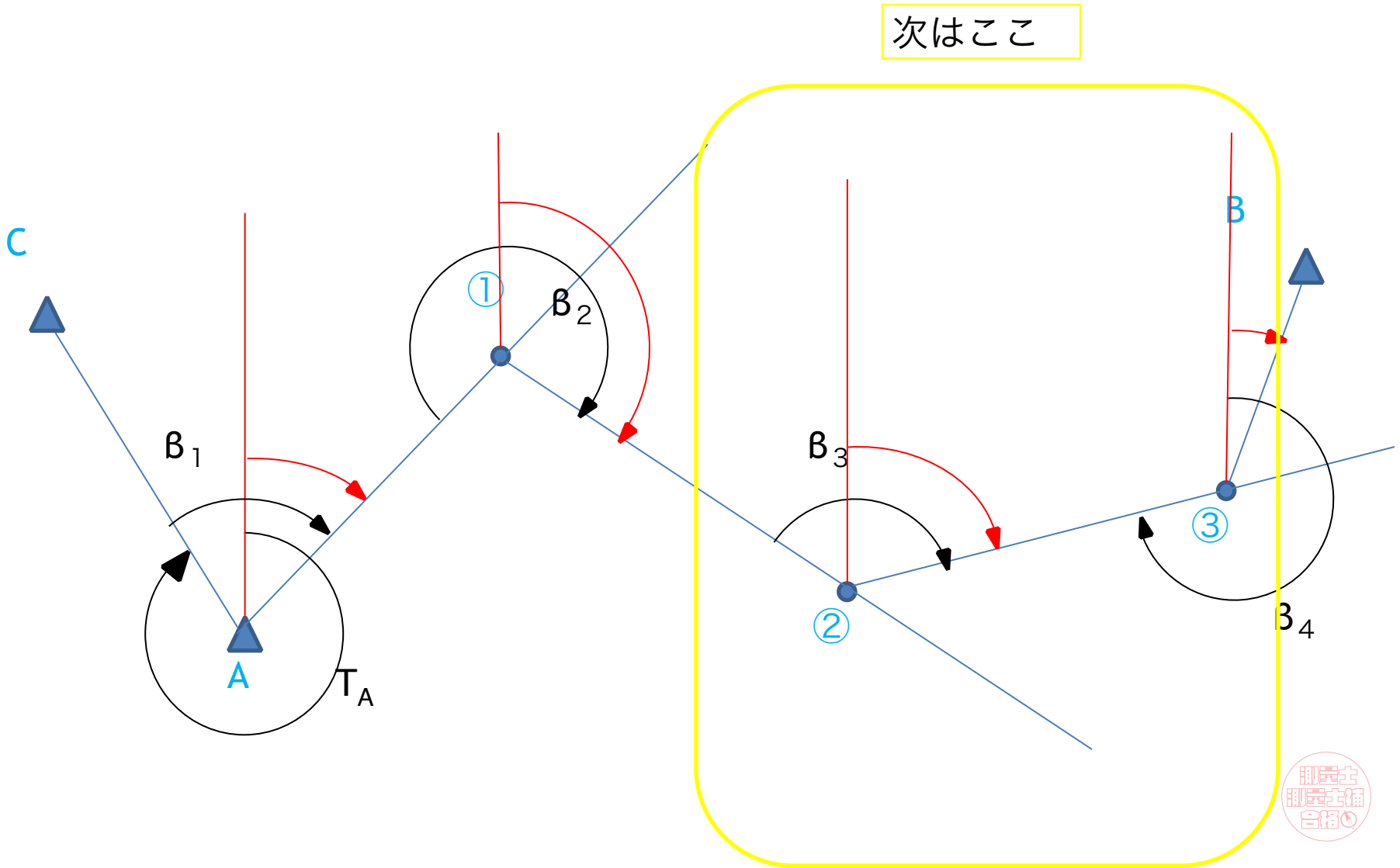
１３１°３０′１０″

を同位角の原理で次の点で使います！

同位角の件はこれ以降省略します。

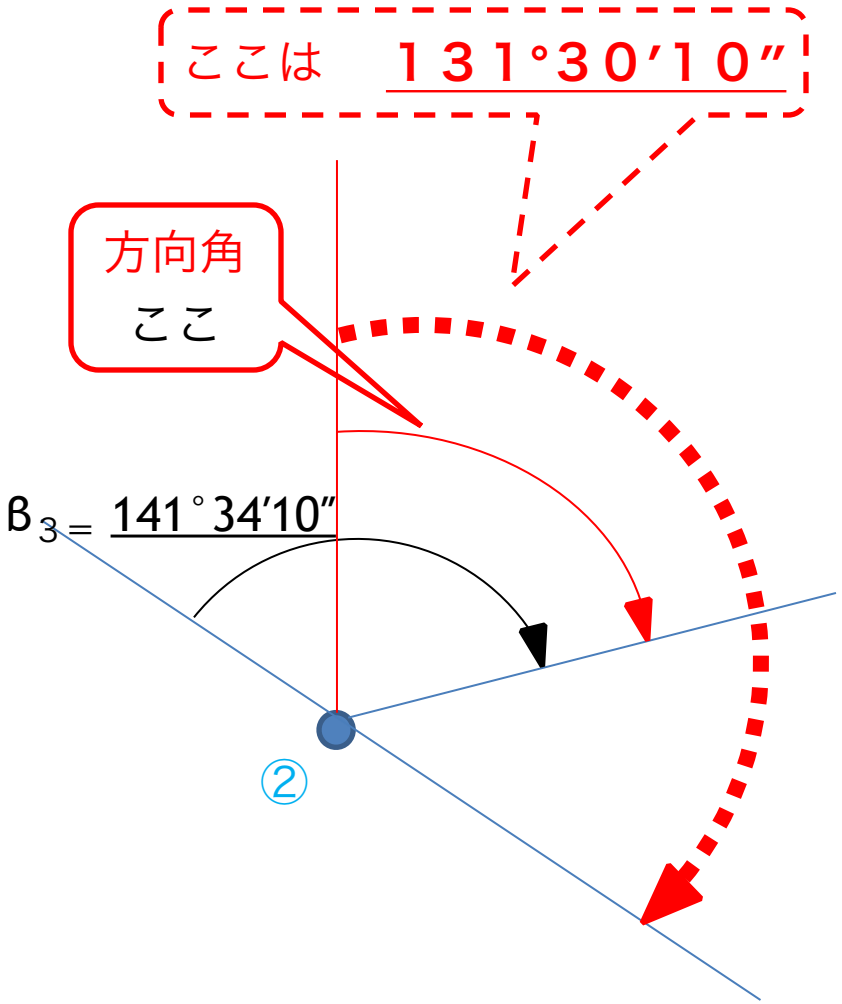
ここも

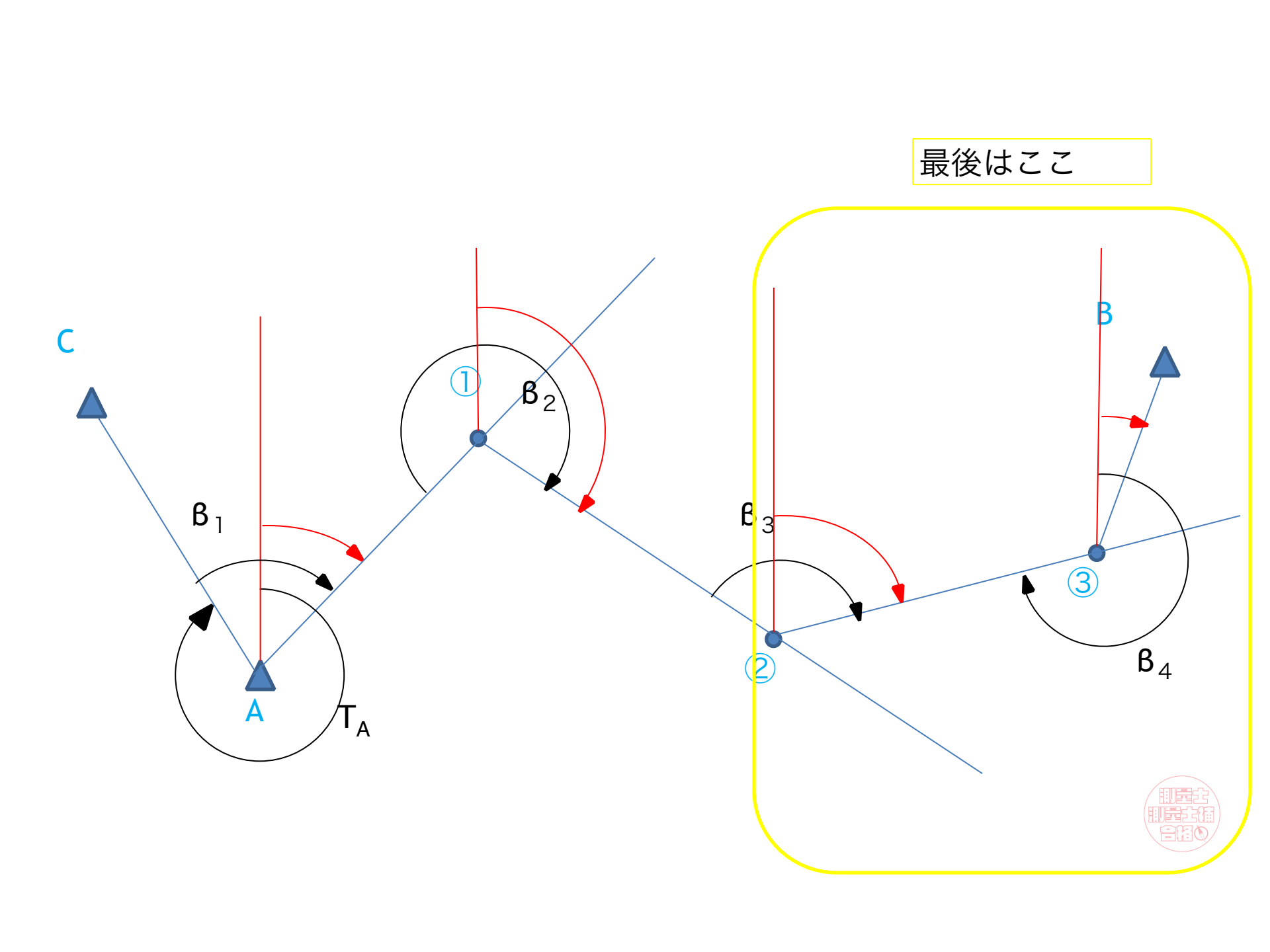
１３１°３０′１０″


次はここ
C
A
B
①
②
③
β1
β2
β3
β4
TA

例題の解答６

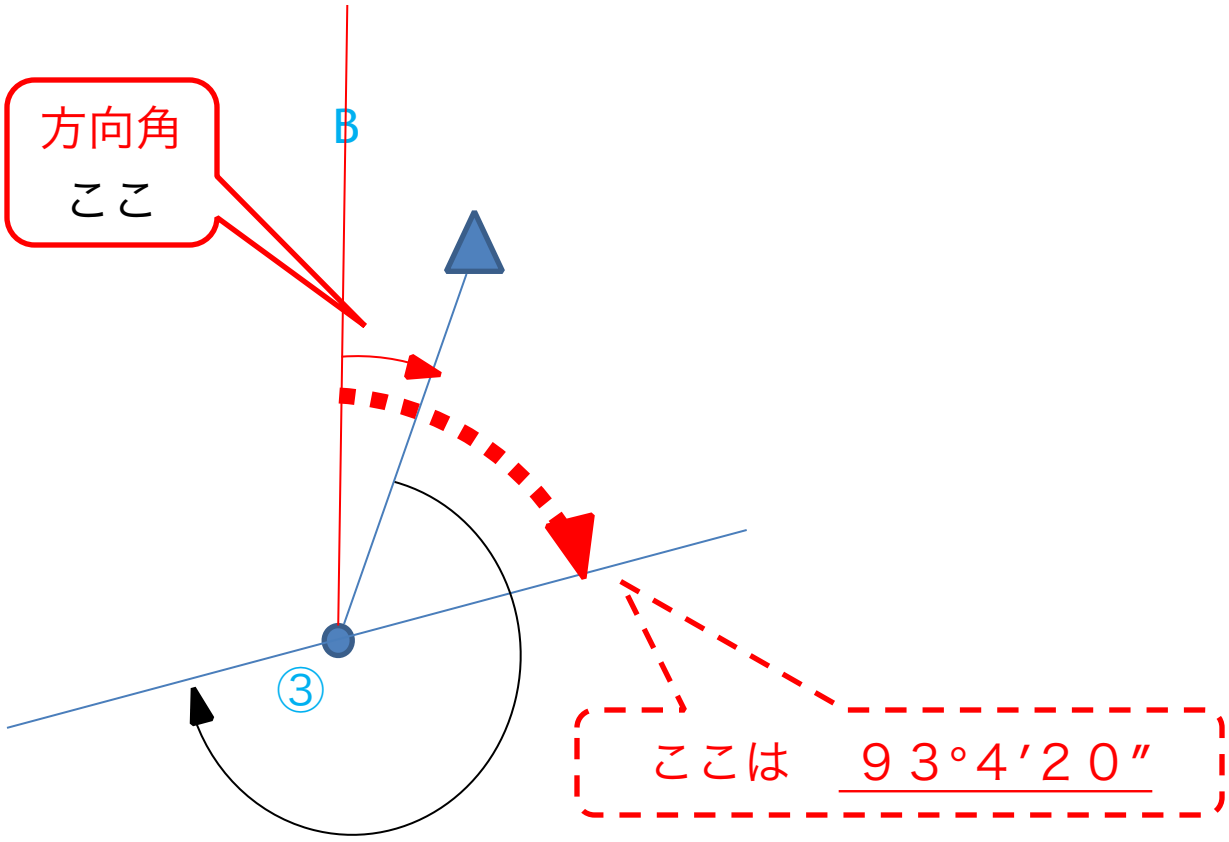
次は、②の③に対する方向角です。




最後はここ
C
A
B
①
②
③
β1
β2
β3
β4
TA

例題の解答７

次は、③の点Bに対する方向角です。答えですね！



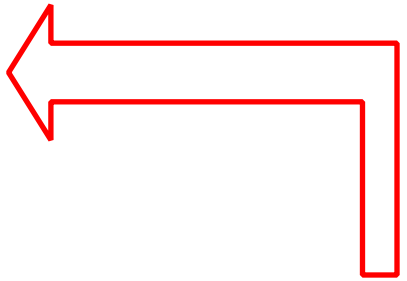
$B_4 =$ 273°　2′15″

まとめ

＿＿＿＿＿＿を引く

↓

＿＿＿＿＿＿＿＿を求める



↓

＿＿＿＿＿＿＿＿で次の点に持ってく

この繰り返しで答えに近づいていきます！

過去問題にも挑戦してみましょう

基準点測量　21

間接水準測量

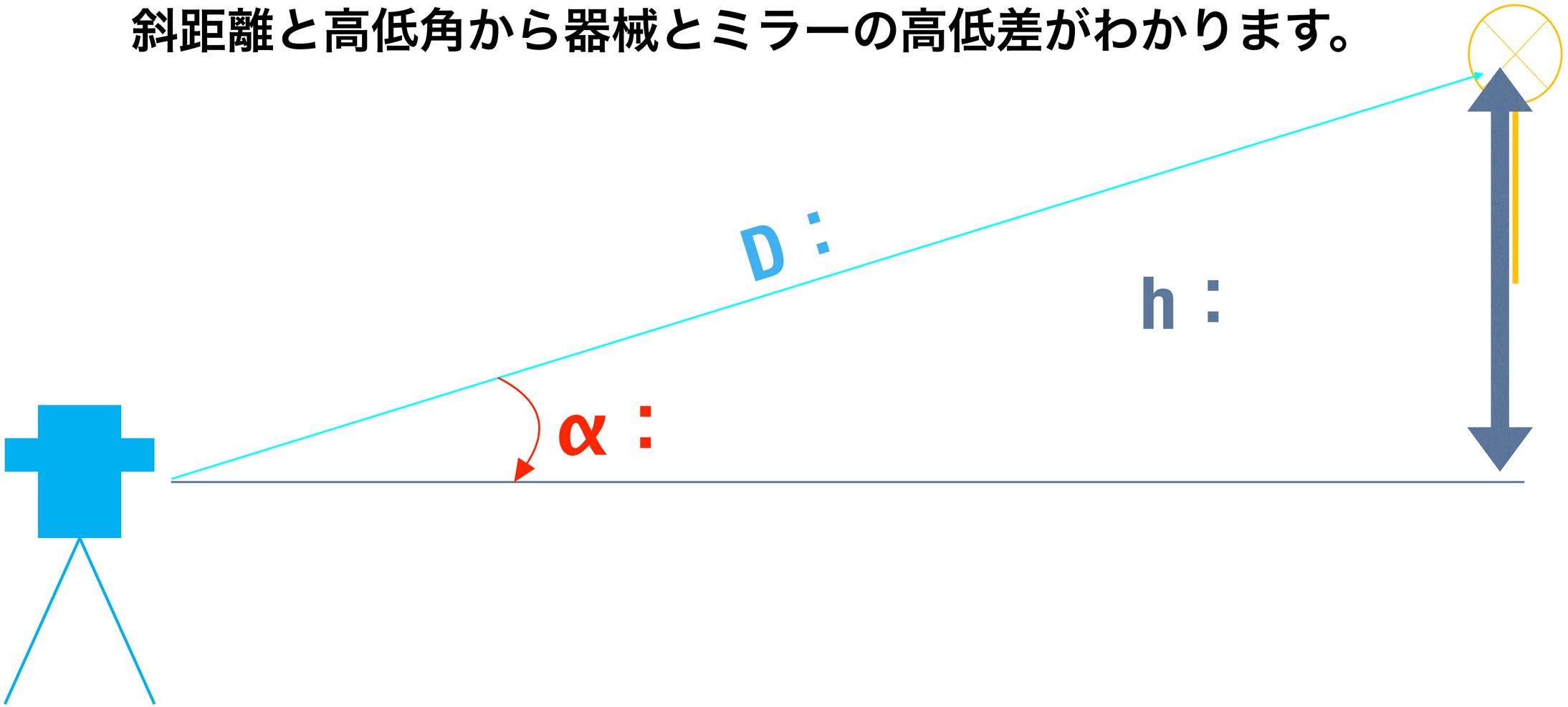
気差・球差

身につけたい知識

- 間接水準測量の原理
- 両差（気差・球差）の概念
- 観測における両差への対策

間接水準測量の原理

斜距離と高低角から器械とミラーの高低差がわかります。

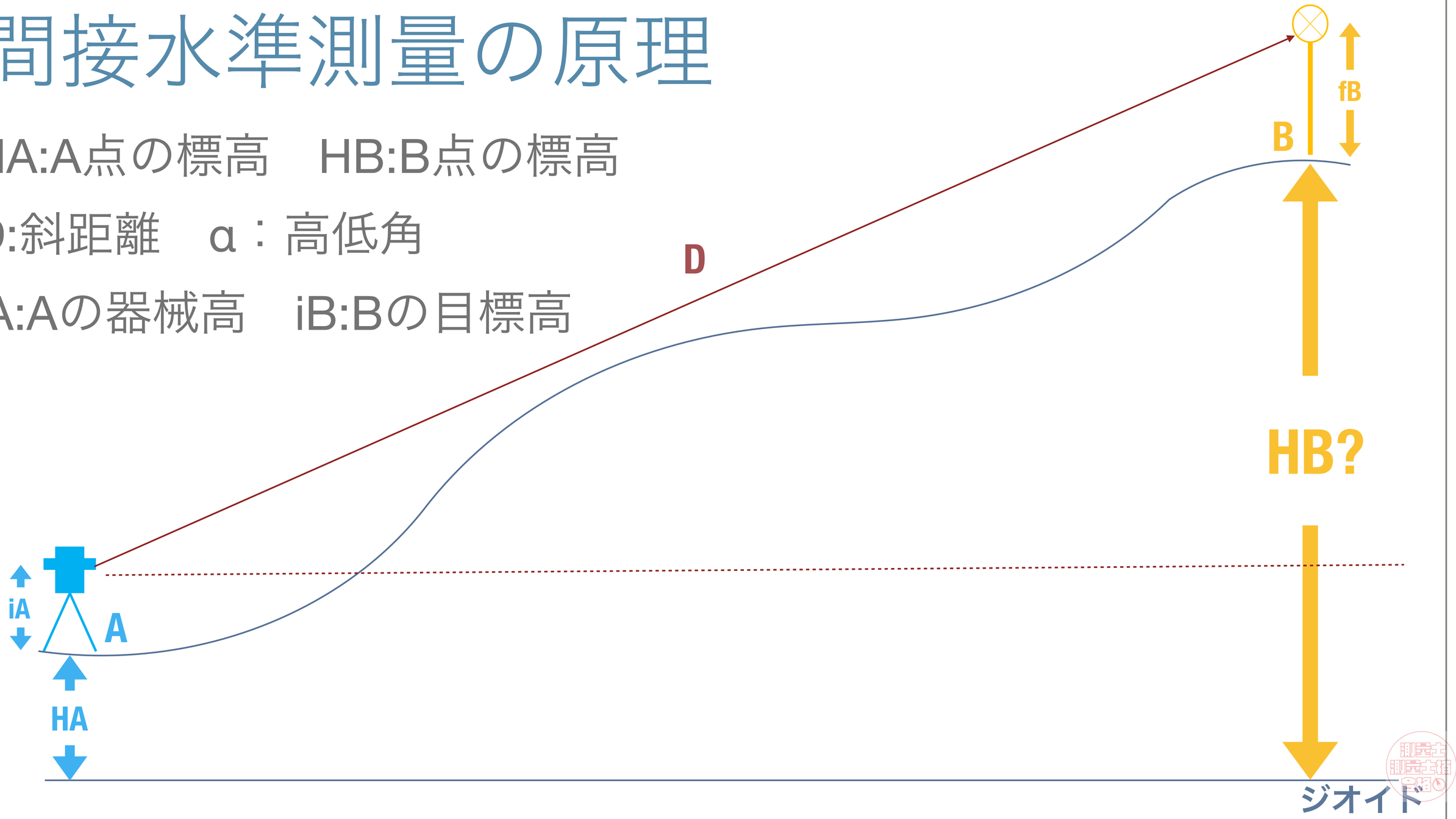


間接水準測量の原理

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D:斜距離　α：高低角

iA:Aの器械高　iB:Bの目標高

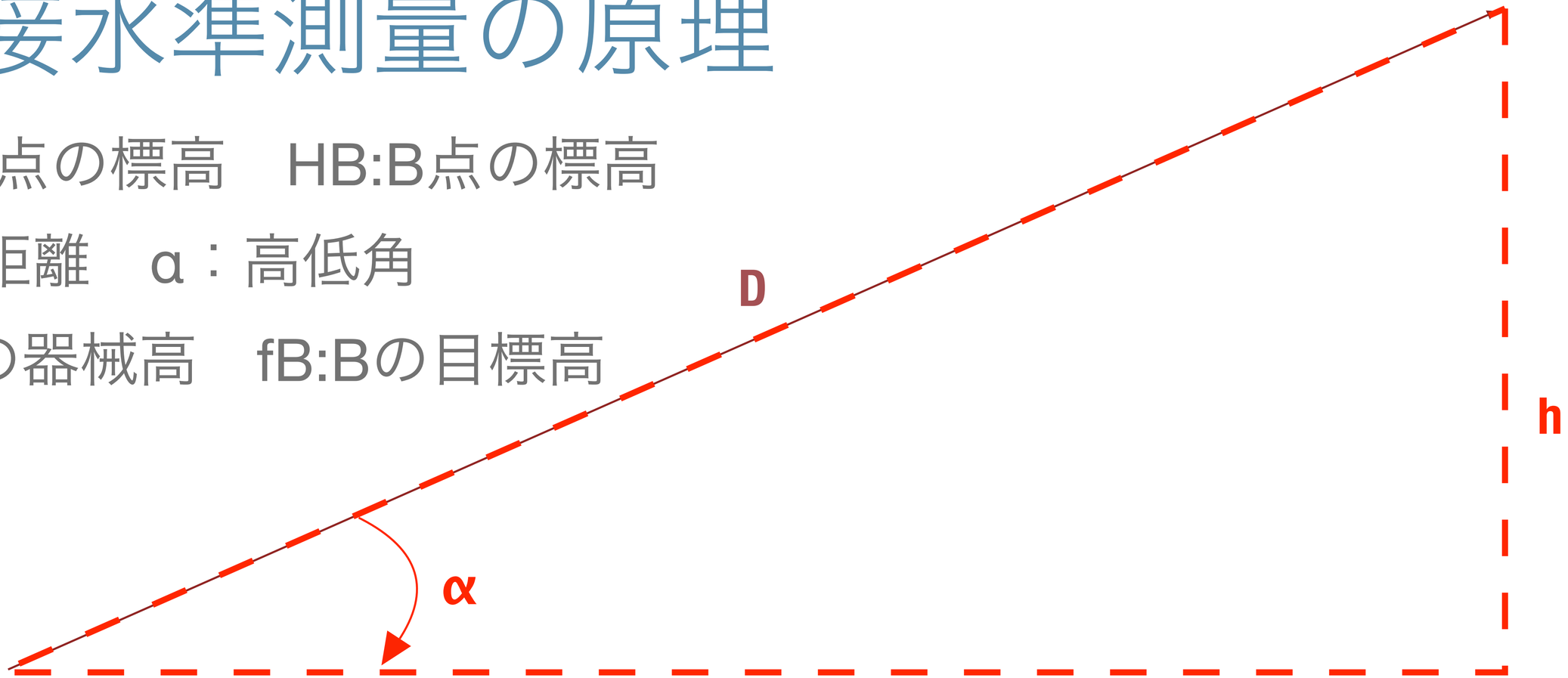


間接水準測量の原理

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D:斜距離　α：高低角

iA:Aの器械高　fB:Bの目標高

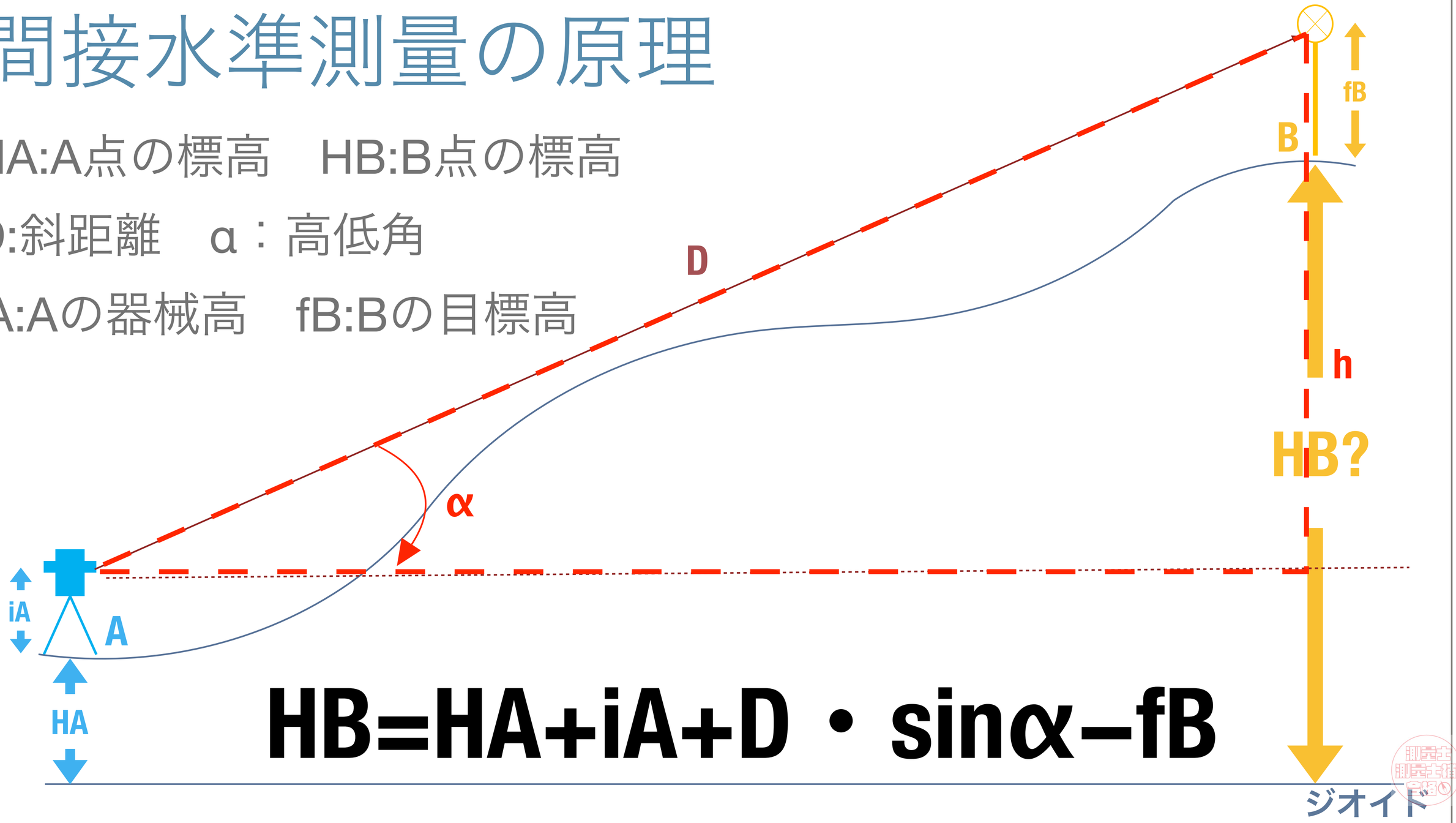


間接水準測量の原理

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D:斜距離　α：高低角

iA:Aの器械高　fB:Bの目標高



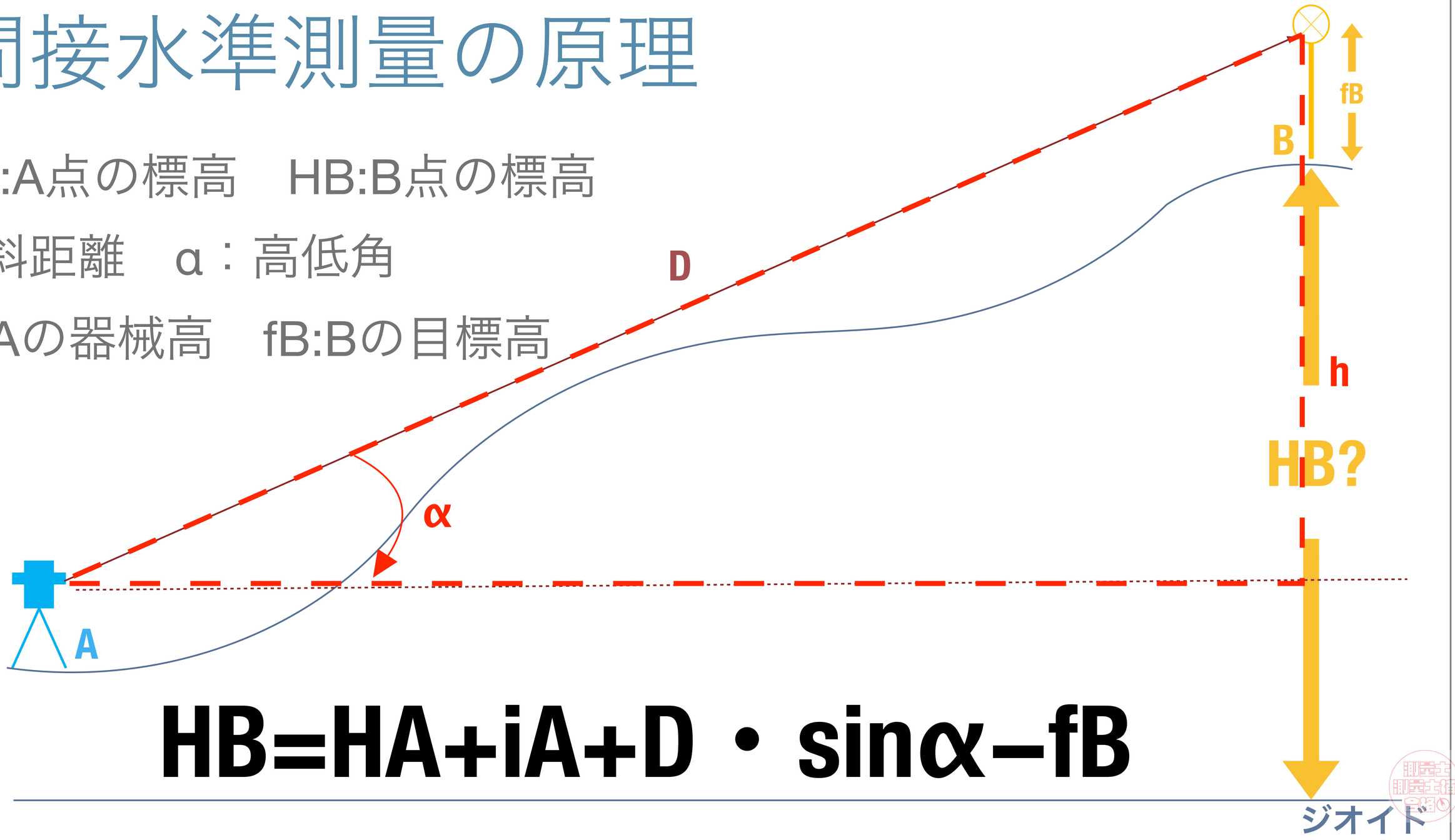
$$HB=HA+iA+D\cdot\sin\alpha-fB$$

間接水準測量の原理

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D:斜距離　α：高低角

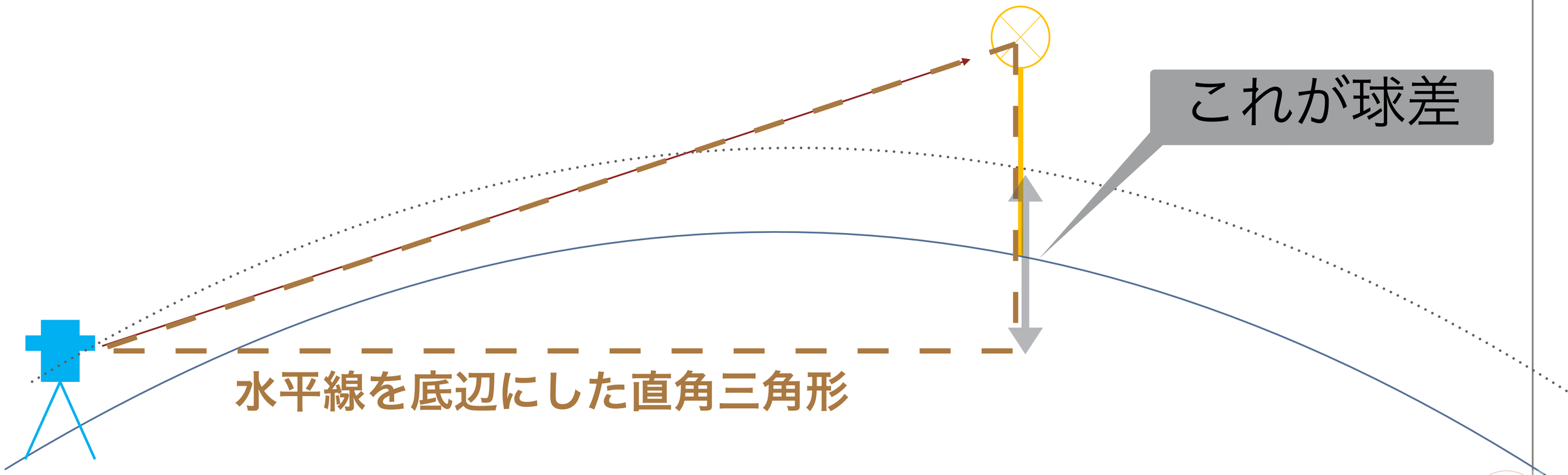
iA:Aの器械高　fB:Bの目標高



$$HB=HA+iA+D\cdot\sin\alpha-fB$$

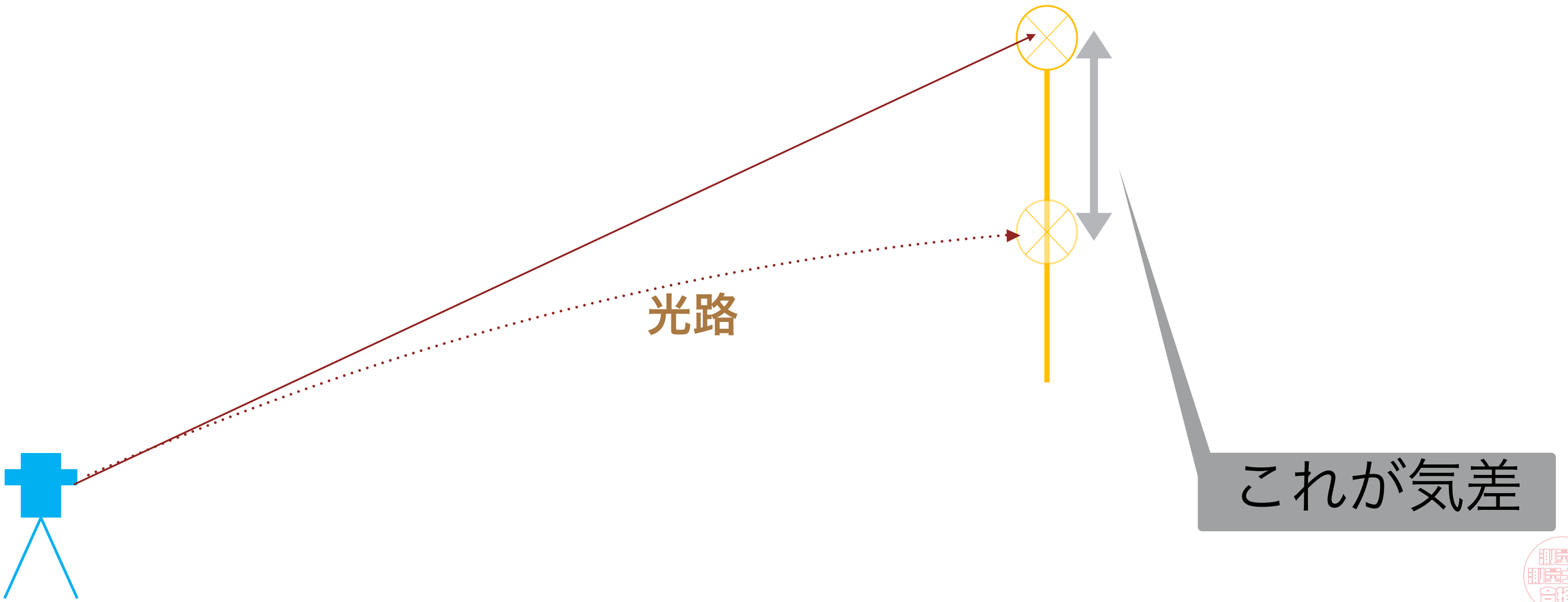
両差（気差・球差）

球差：地球がカーブしているために起こる誤差



両差（気差・球差）

気差：空気の厚みで光が屈曲ために起こる誤差



気差・球差の補正

①正反観測

②計算

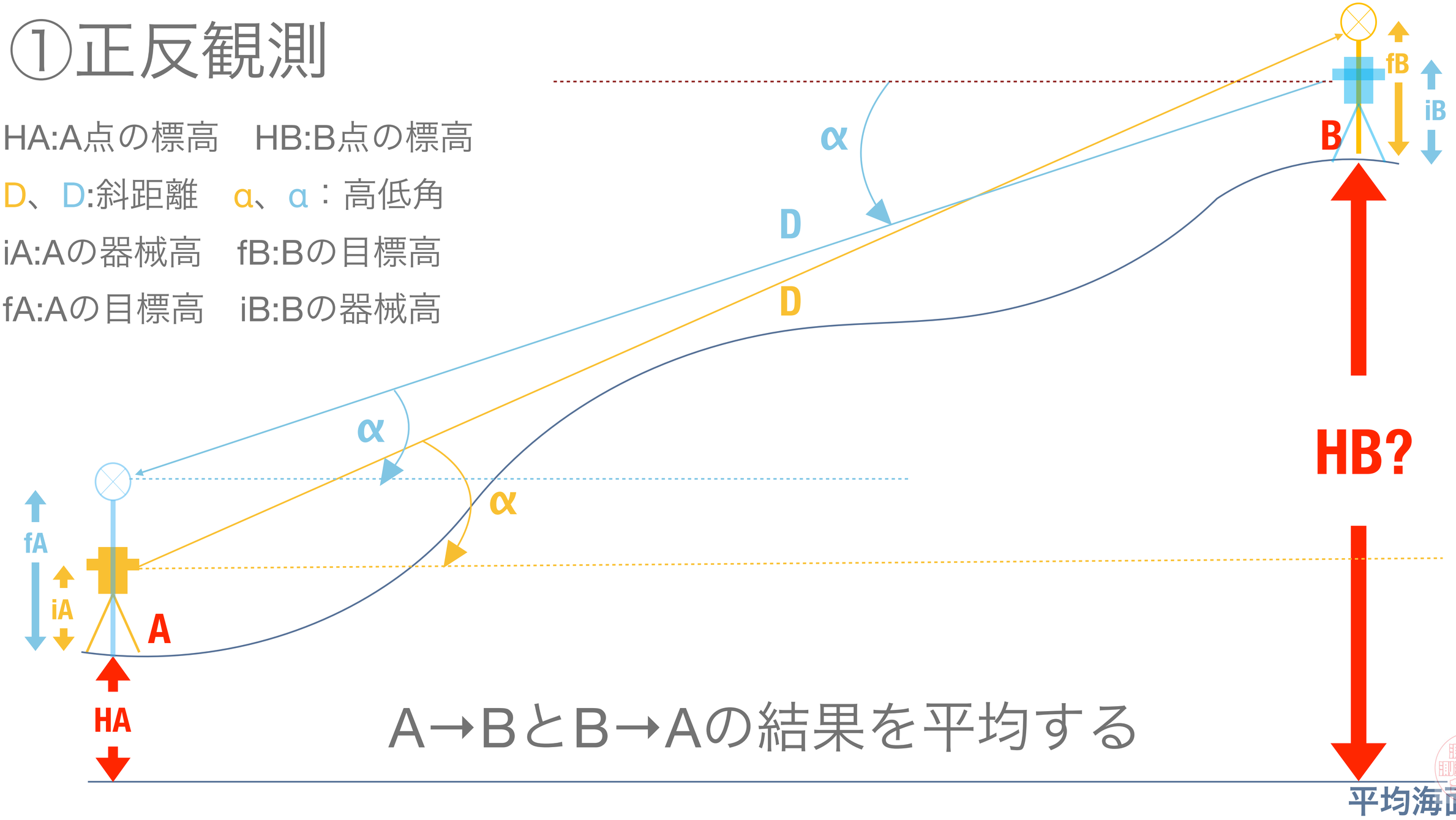
①正反観測

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D、D:斜距離　α、α：高低角

iA:Aの器械高　fB:Bの目標高

fA:Aの目標高　iB:Bの器械高



A→BとB→Aの結果を平均する

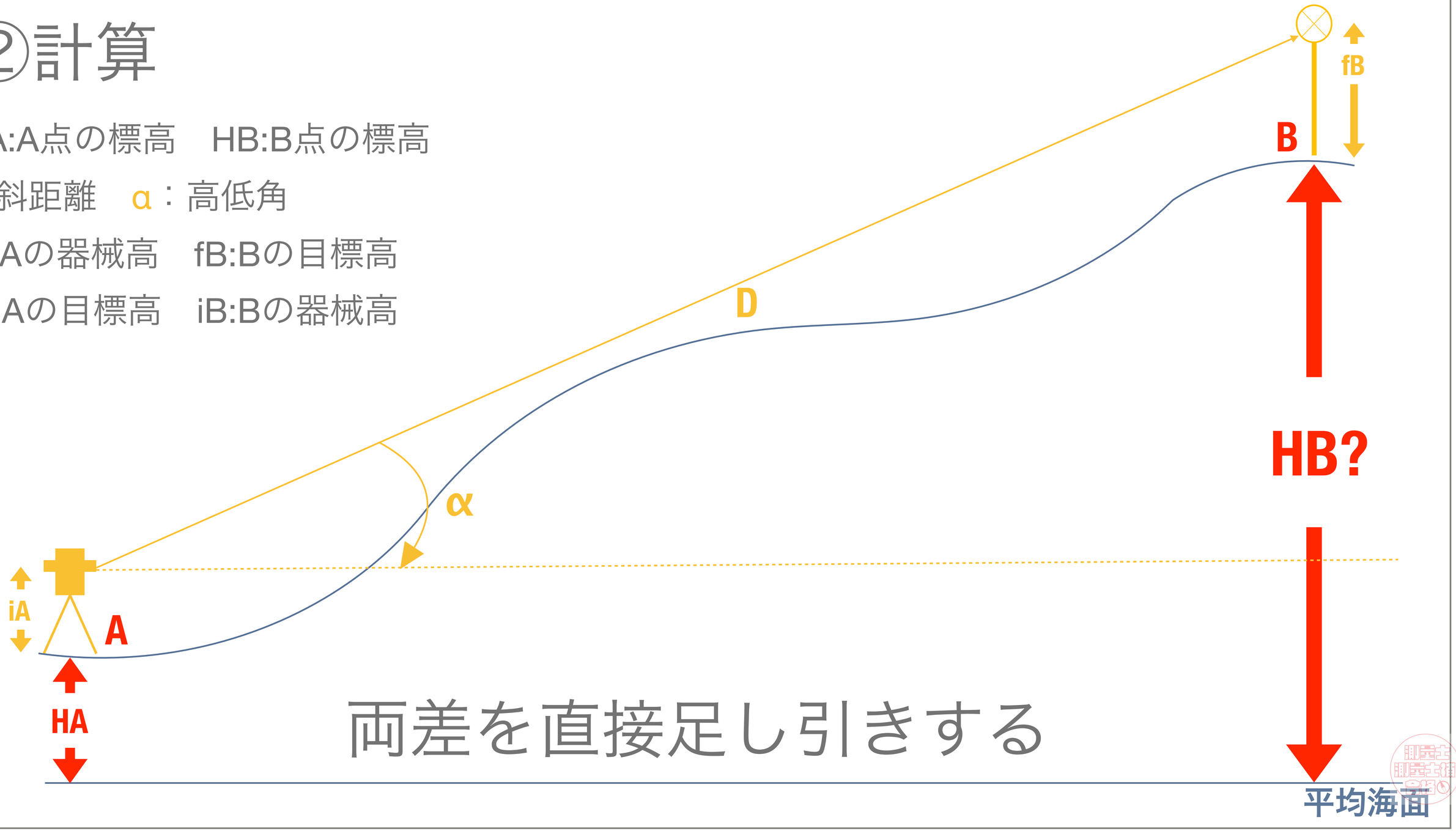
②計算

HA:A点の標高　HB:B点の標高

D:斜距離　α：高低角

iA:Aの器械高　fB:Bの目標高

fA:Aの目標高　iB:Bの器械高



両差を直接足し引きする

気差・球差の補正

①既知点から新点を観測している場合は＿＿＿＿＿

②新点から既知点を観測している場合は＿＿＿＿＿

例題

・A、B2点間で間接水準測量を行い以下の様な結果を得た。B点の標高はいくらか？

A→Bの斜距離：2000.000m　A→Bの高低角：40°

B→Aの斜距離：2000.010m　B→Aの高低角：–41°

A点の標高：310m

A点の器械高：1.7m　B点の目標高：2.2m

B点の器械高：1.6m　A点の目標高：2.1m

①正観測

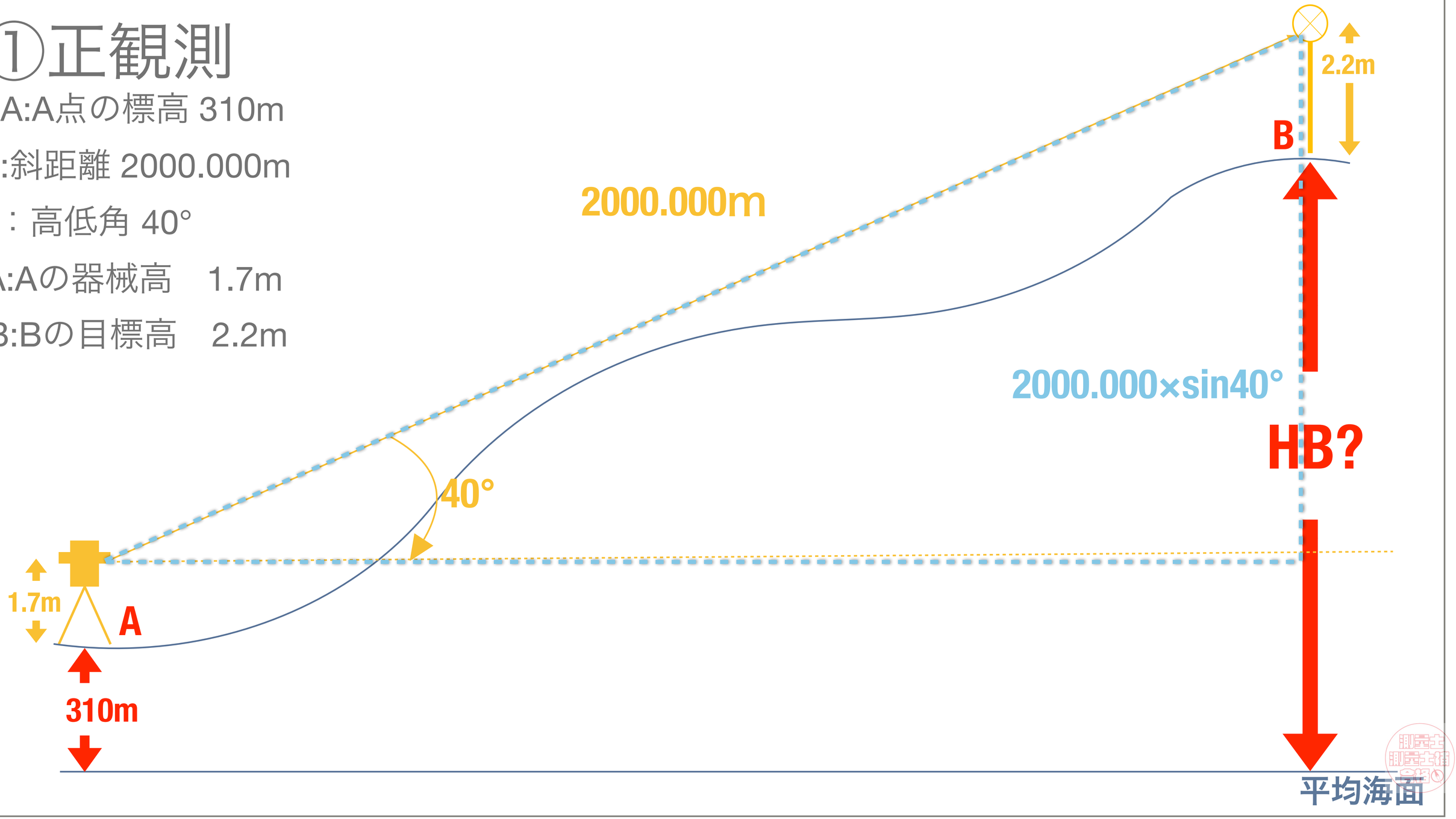
HA:A点の標高 310m

D:斜距離 2000.000m

α：高低角 40°

iA:Aの器械高　1.7m

fB:Bの目標高　2.2m



①正観測

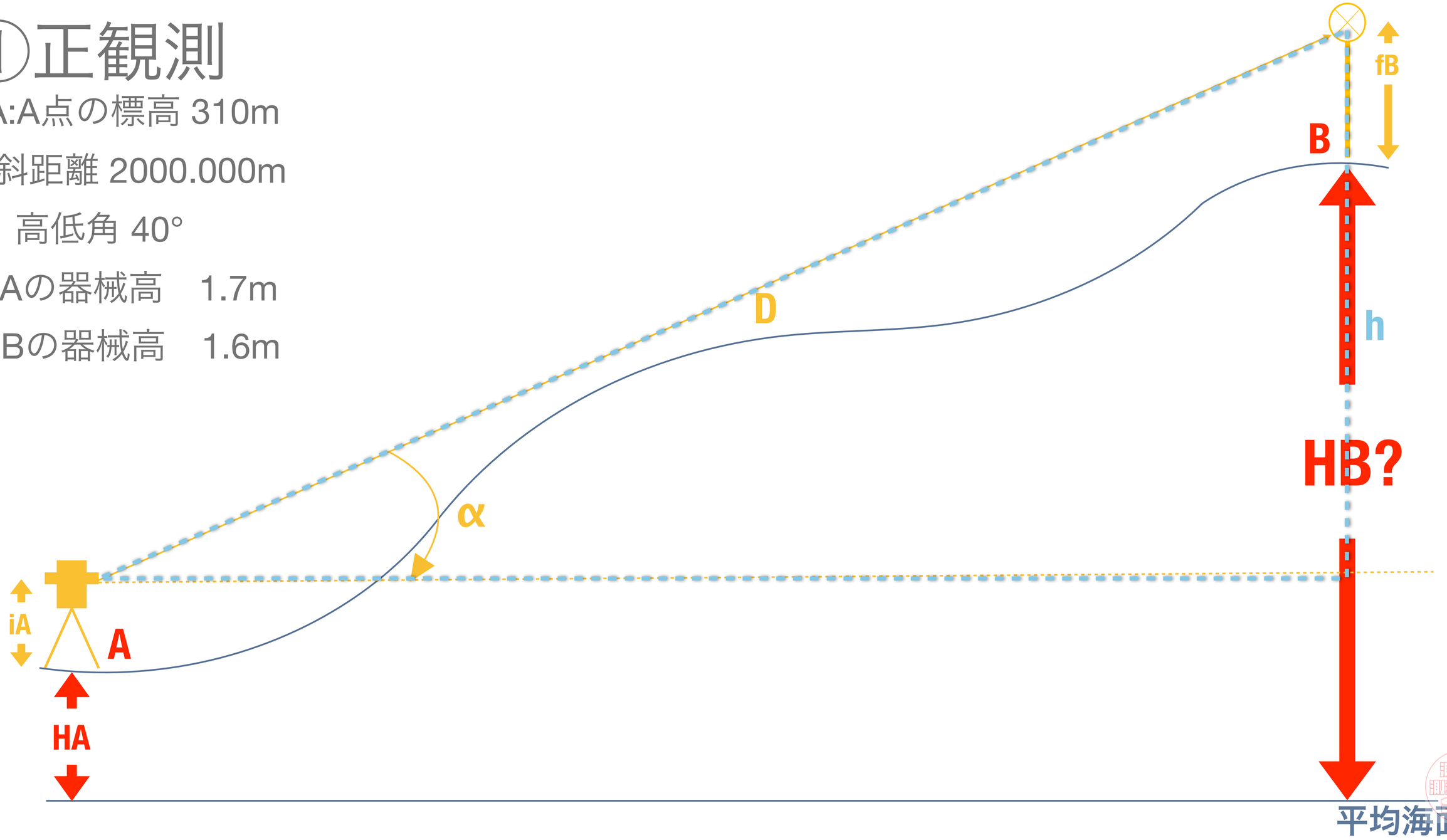
HA:A点の標高 310m

D:斜距離 2000.000m

α：高低角 40°

iA:Aの器械高　1.7m

iB:Bの器械高　1.6m



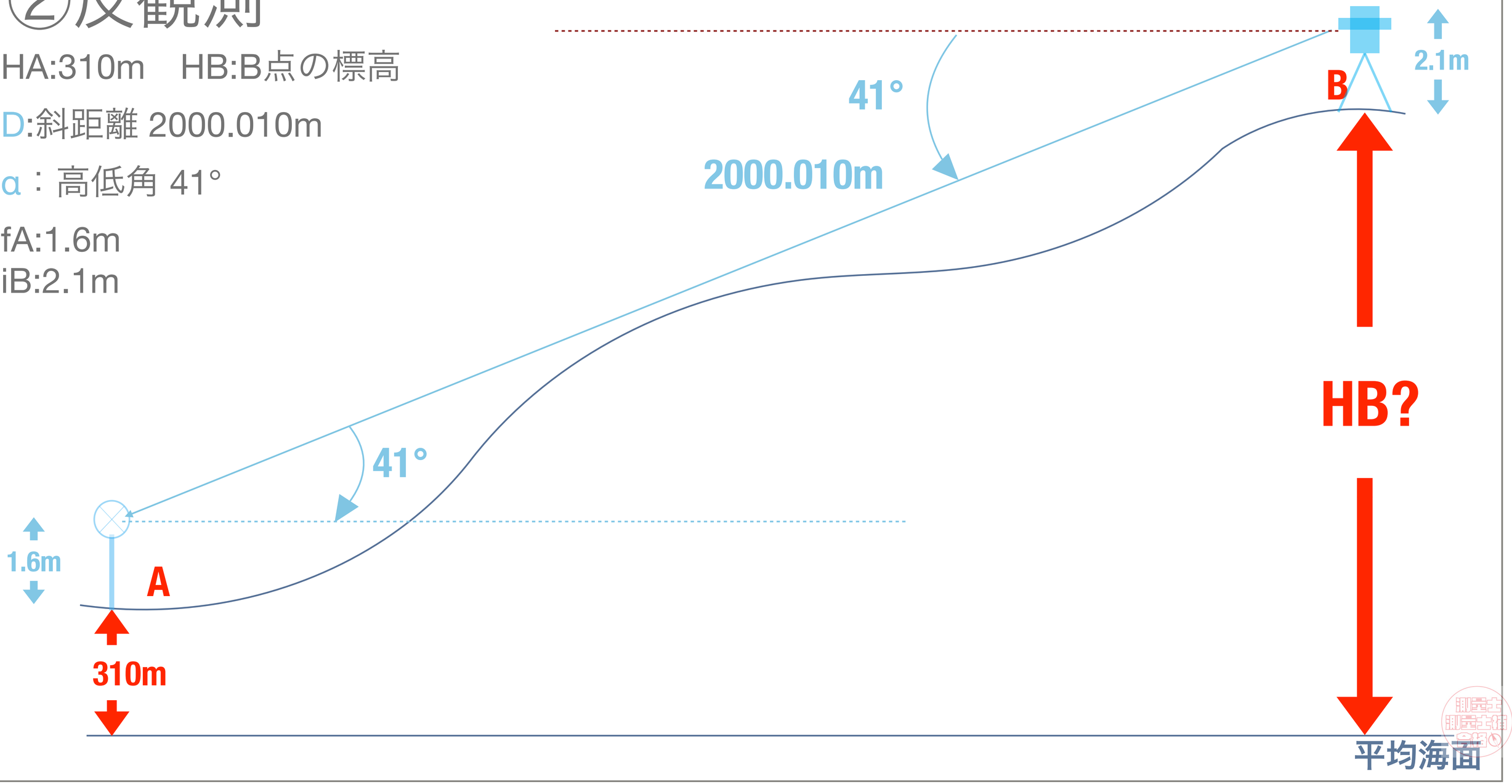
②反観測

HA:310m　HB:B点の標高

D:斜距離 2000.010m

α：高低角 41°

fA:1.6m
iB:2.1m



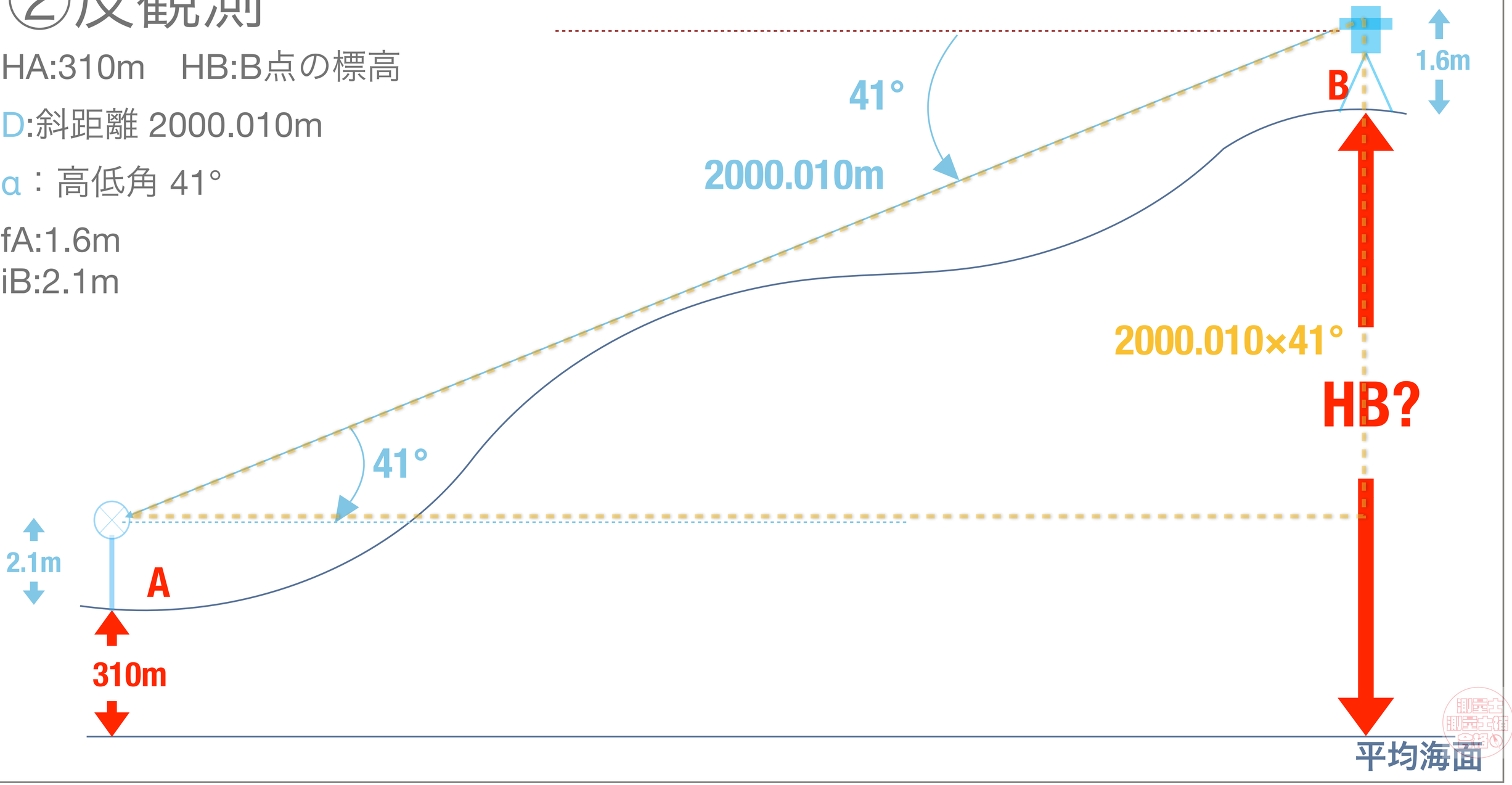
②反観測

HA:310m　HB:B点の標高

D:斜距離 2000.010m

α：高低角 41°

fA:1.6m
iB:2.1m



例題2

・A、B2点間で間接水準測量を行い以下の様な結果を得た。B点の標高はいくらか？

A→Bの斜距離：2000.000m　A→Bの高低角：29°

B→Aの斜距離：2000.000m　B→Aの高低角：-31°

A点の標高：310m

A点の器械高：1.7m　B点の目標高：2.2m

B点の器械高：2.2m　A点の目標高：1.7m

解答

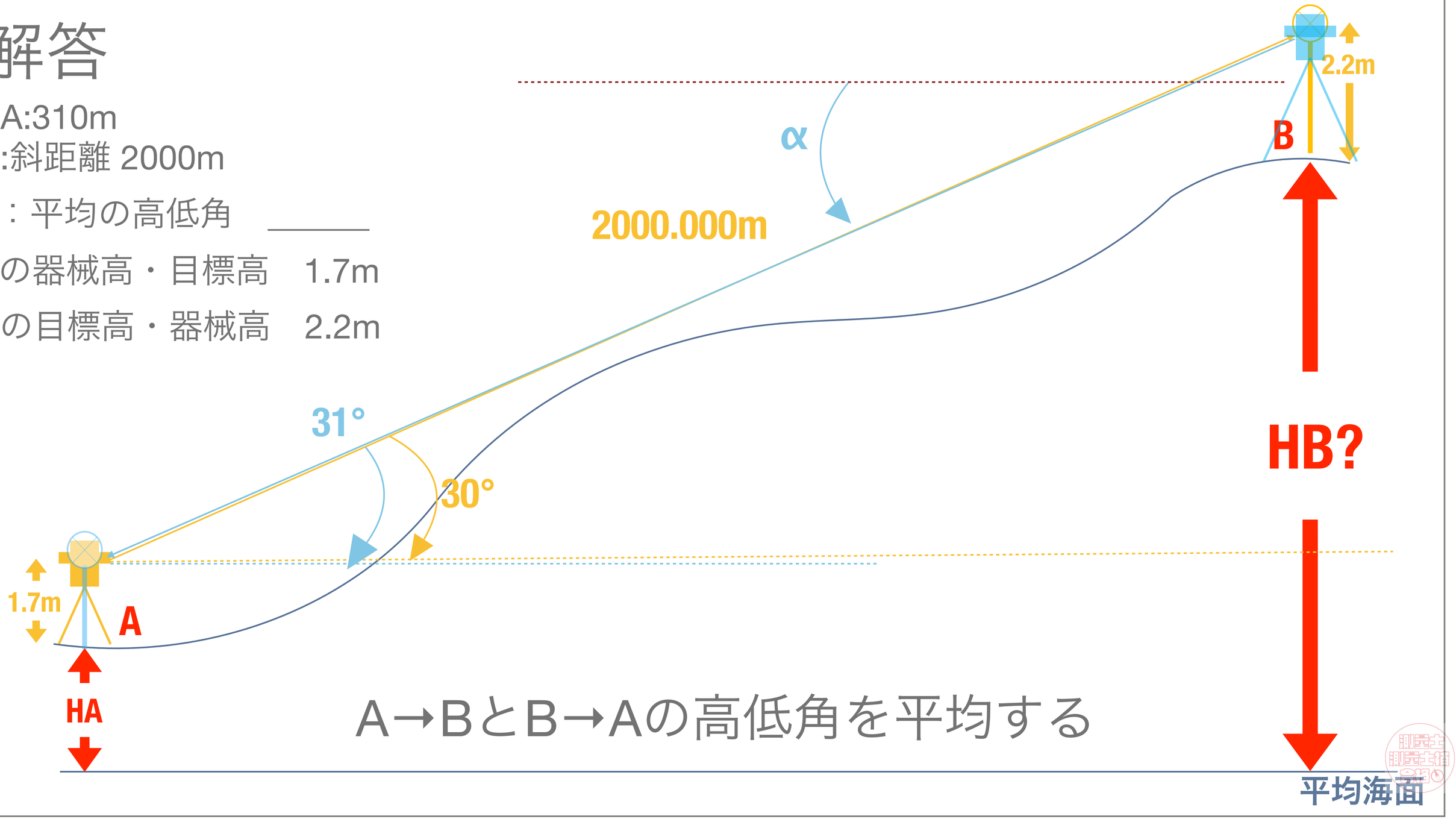
HA:310m

D:斜距離 2000m

α：平均の高低角 ＿＿＿＿

Aの器械高・目標高　1.7m

Bの目標高・器械高　2.2m



解答

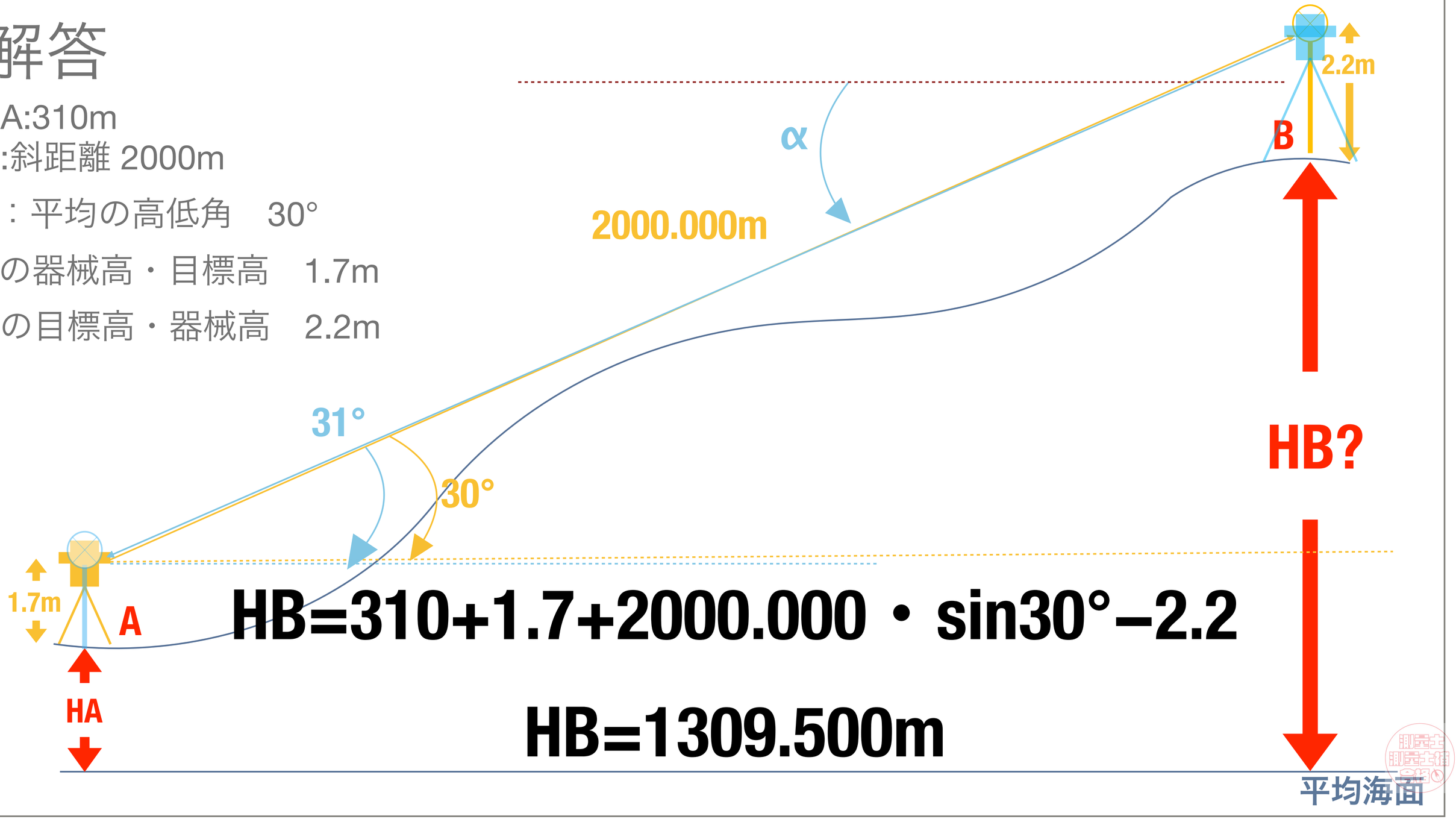
HA:310m

D:斜距離 2000m

α：平均の高低角　30°

Aの器械高・目標高　1.7m

Bの目標高・器械高　2.2m



基準点測量　22

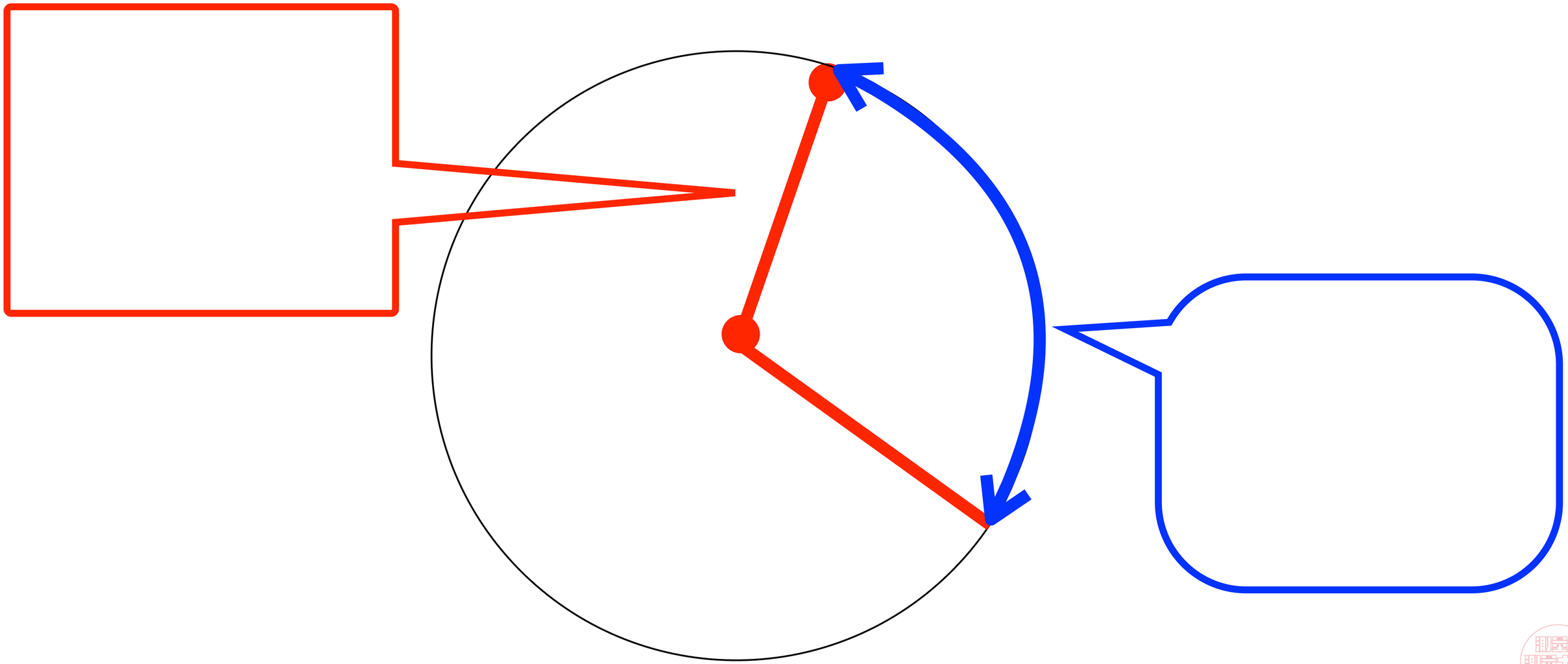
ラジアン

RAD　円　弧　弦

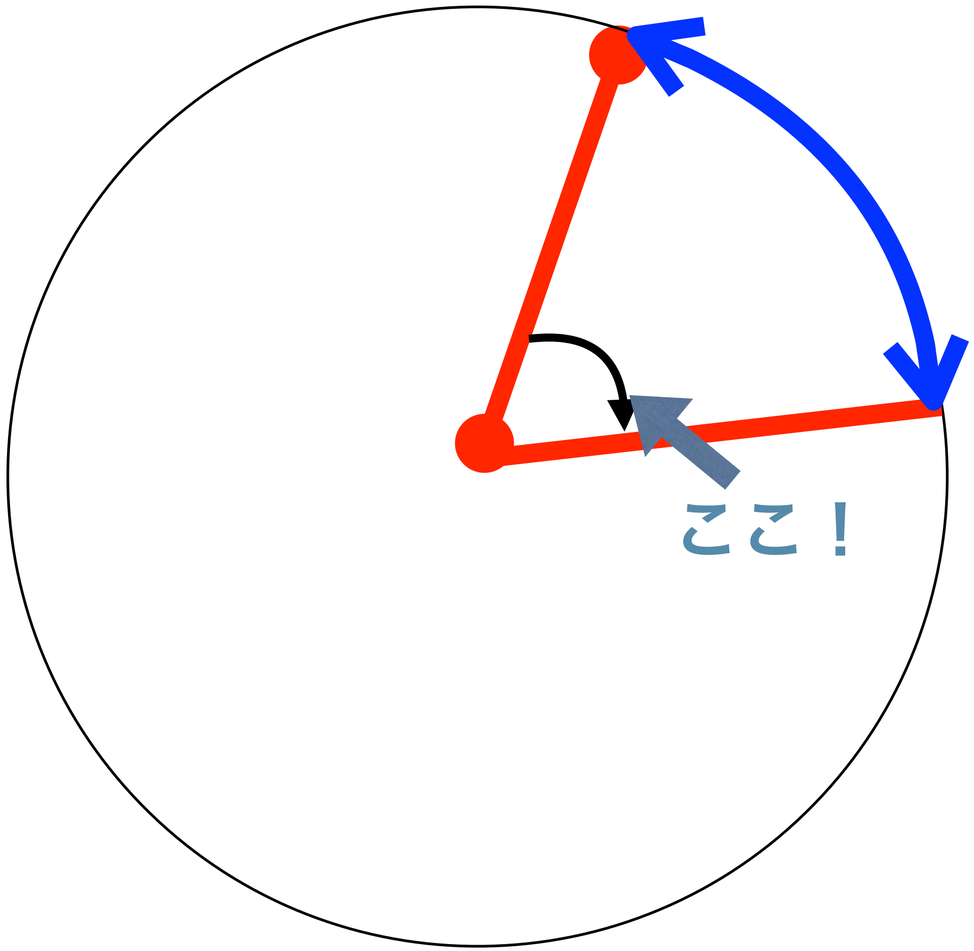
身につけたい知識

- ラジアンの意味
- ラジアンの使い方

ラジアンとは



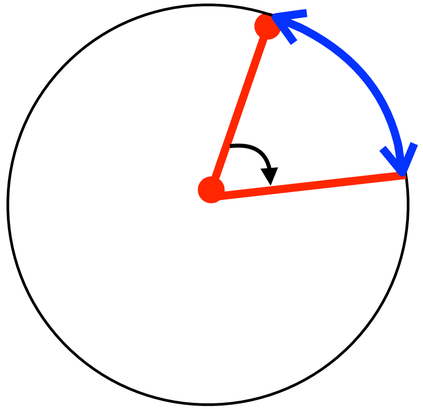
ラジアンとは



弦の長さと弧の長さが
同じになるときの中心角

1 [rad]
＝
約 °

ラジアンとは



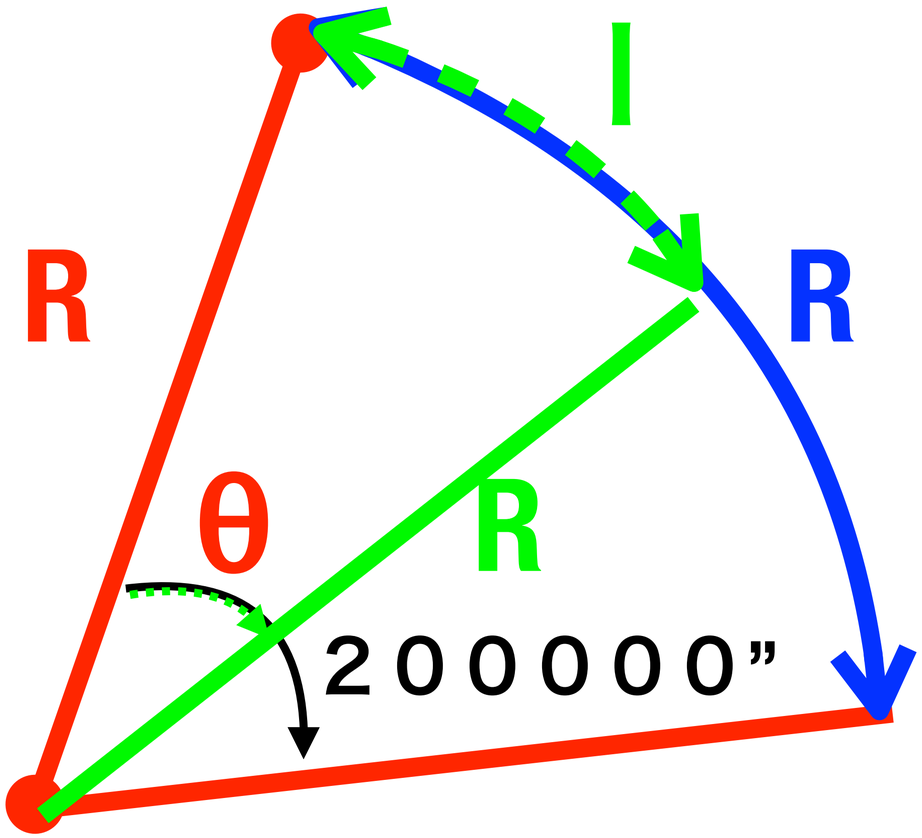
1 [rad]

＝

約 57.3°

ラジアンの使い方

原理：円弧（Rと l ）の長さは中心角に比例する



水準測量　1

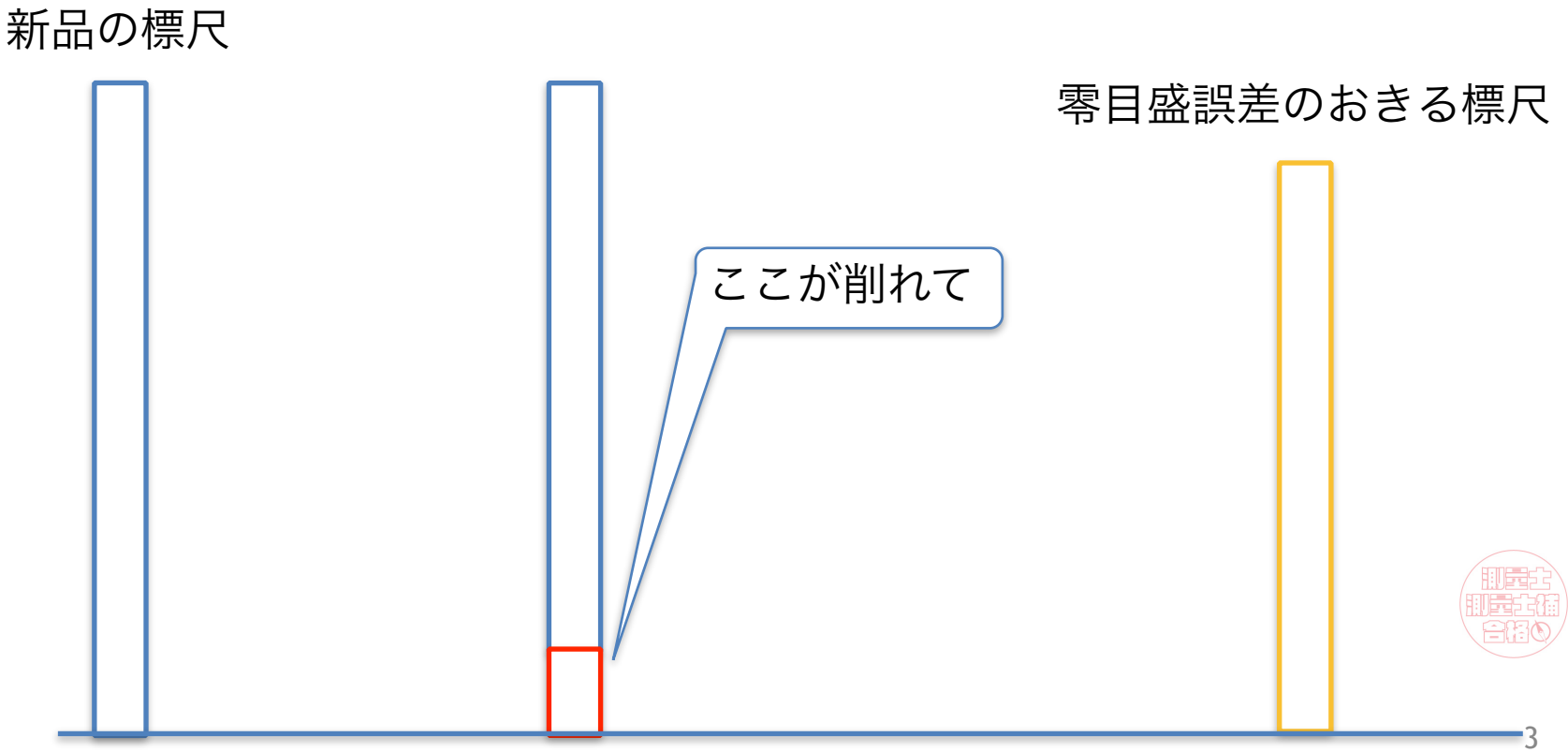
水準測量の誤差

身につけたい知識

水準測量の「＿＿＿＿＿＿」と適切な「＿＿＿＿」を関連付けて覚える。

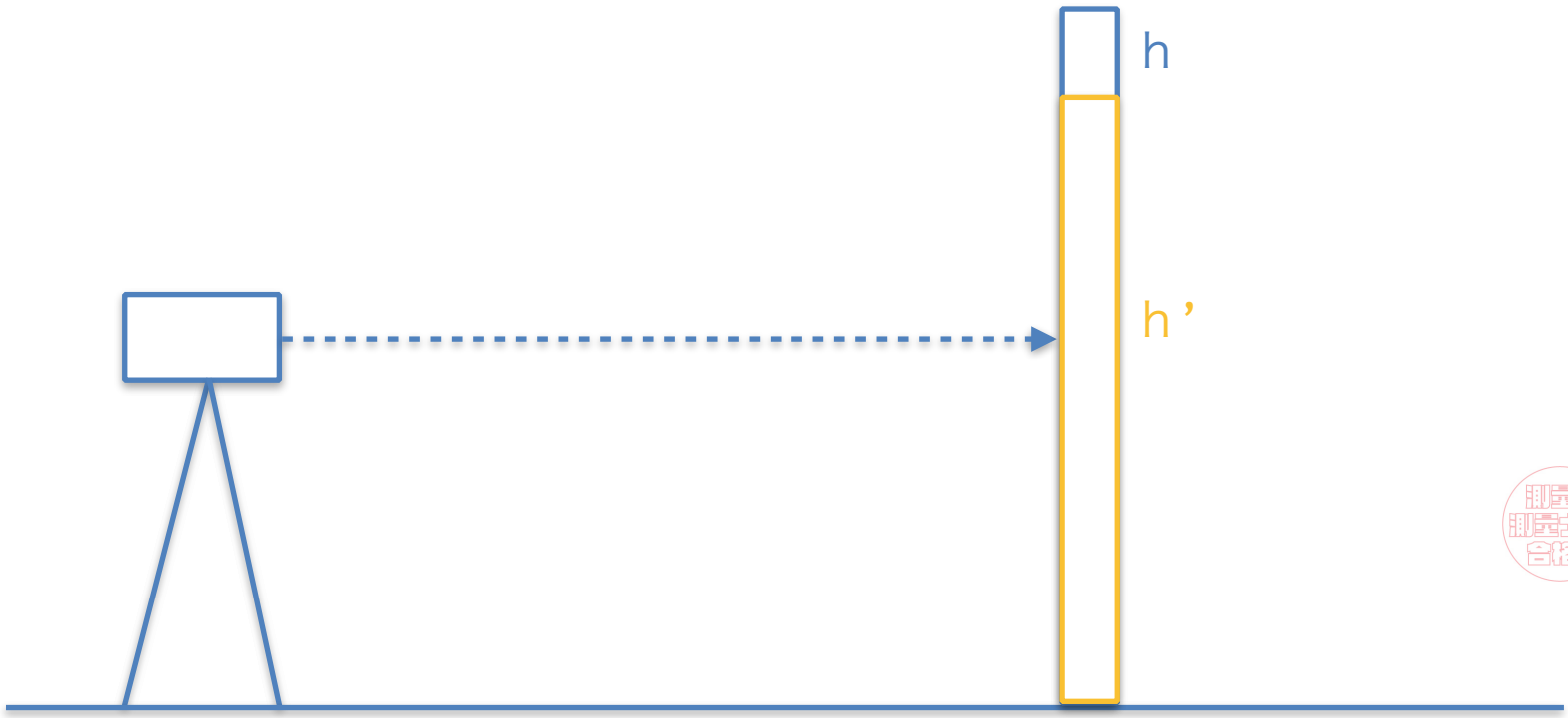
零目盛誤差

原因：



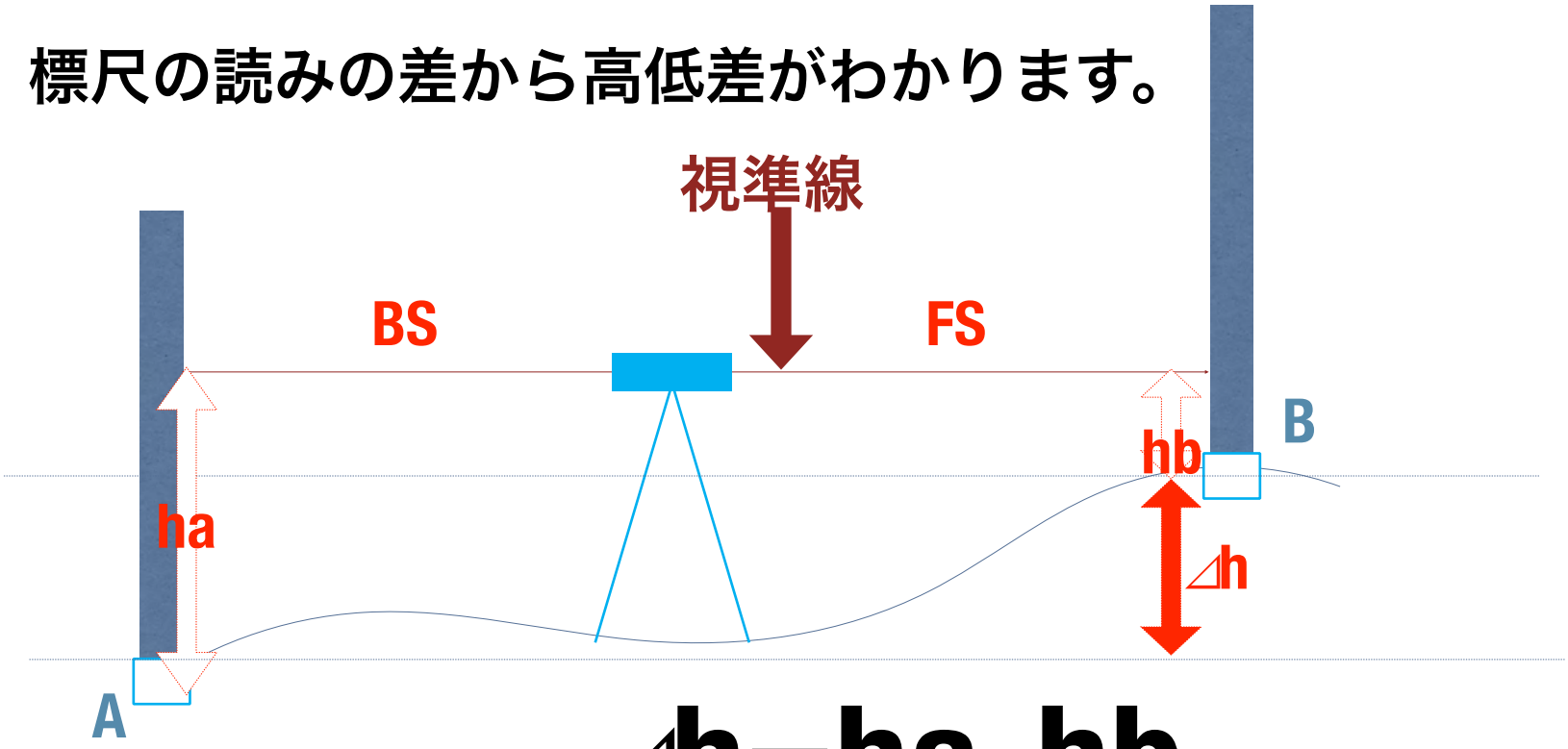
零目盛誤差

原因：



水準測量の原理

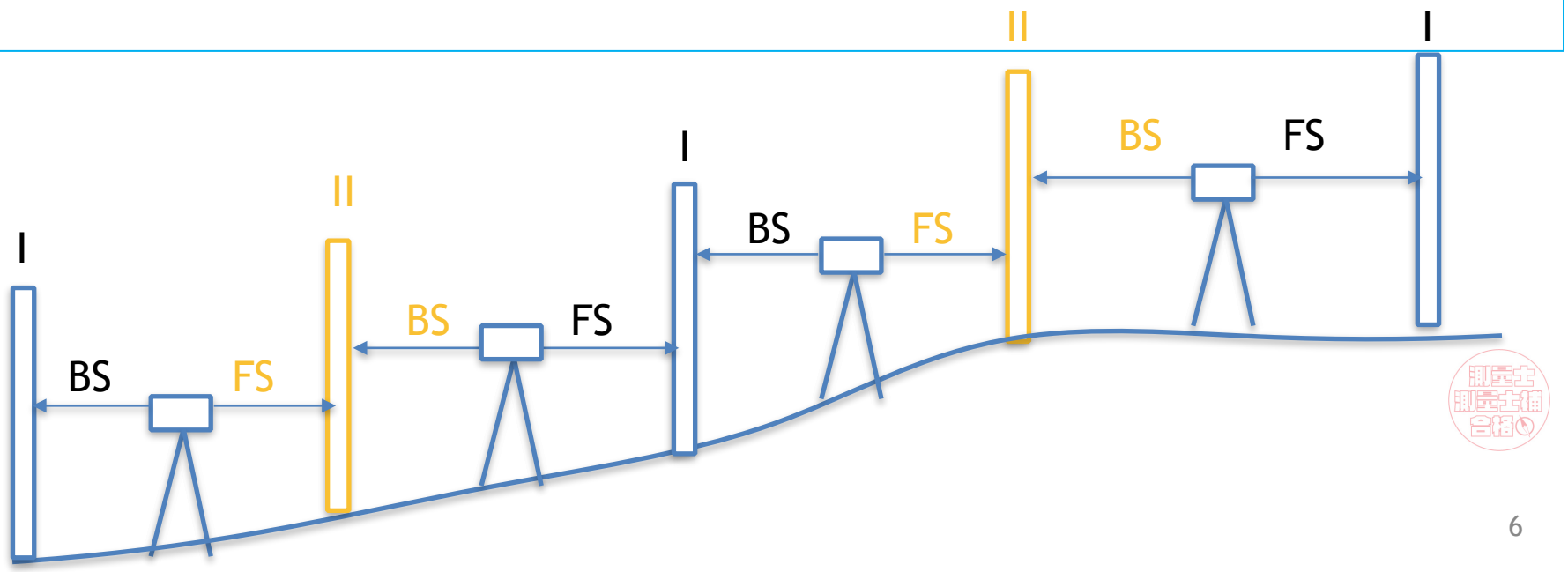
標尺の読みの差から高低差がわかります。



$$\Delta h = ha - hb$$

零目盛誤差

対策



零目盛誤差

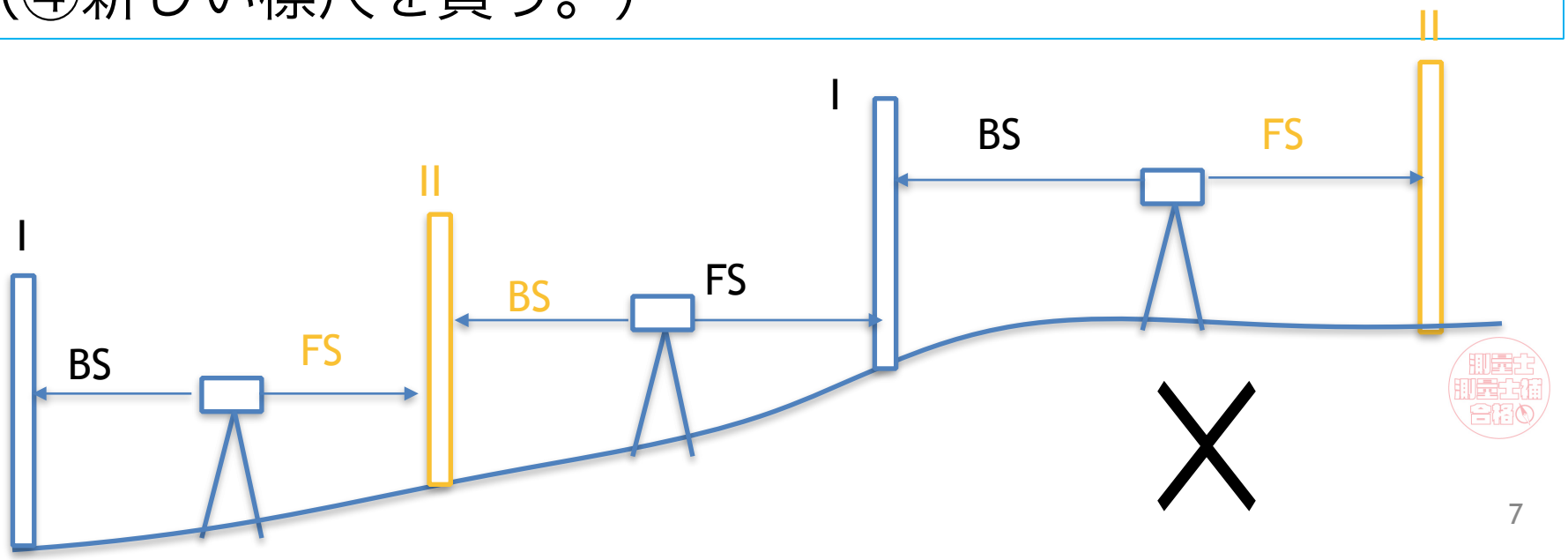
対策

①標尺の設置回数を奇数回にする。

②レベルの設置回数を偶数回にする。

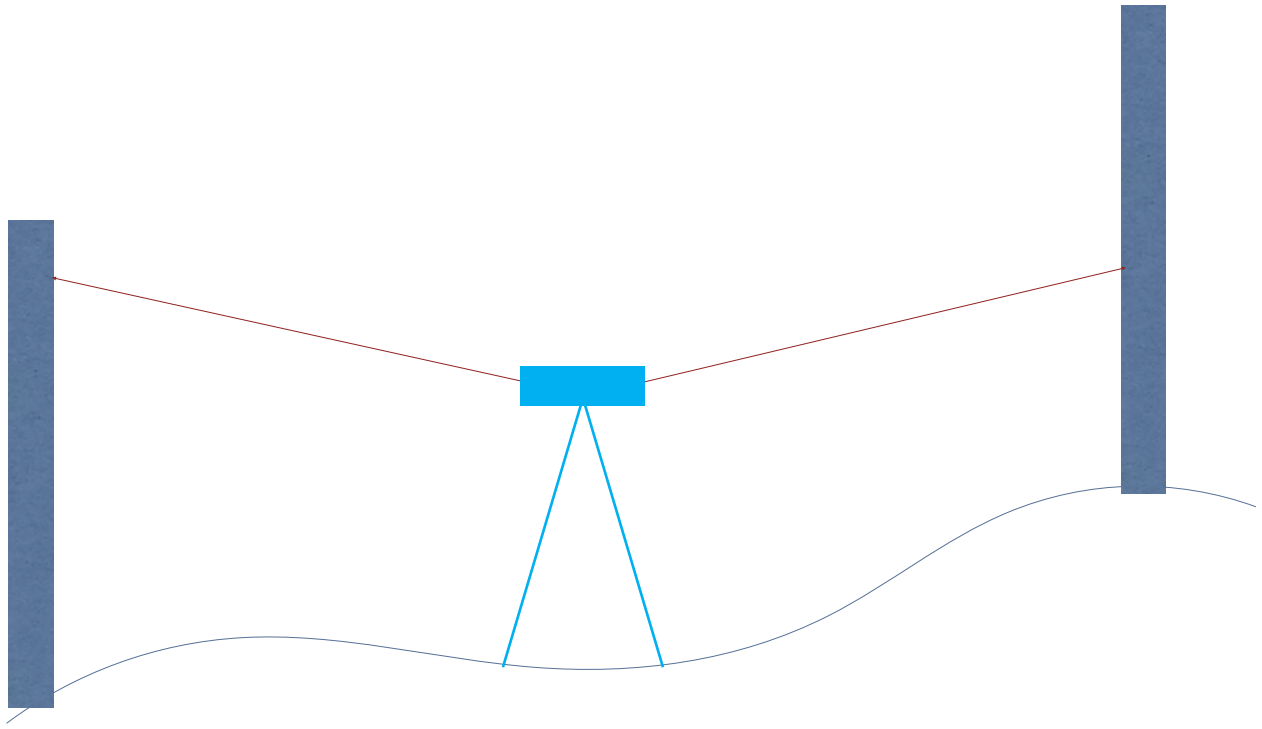
③観測に２本の標尺を使い、交互に使用して出発点と到着点の標尺を同じにする。

（④新しい標尺を買う。）



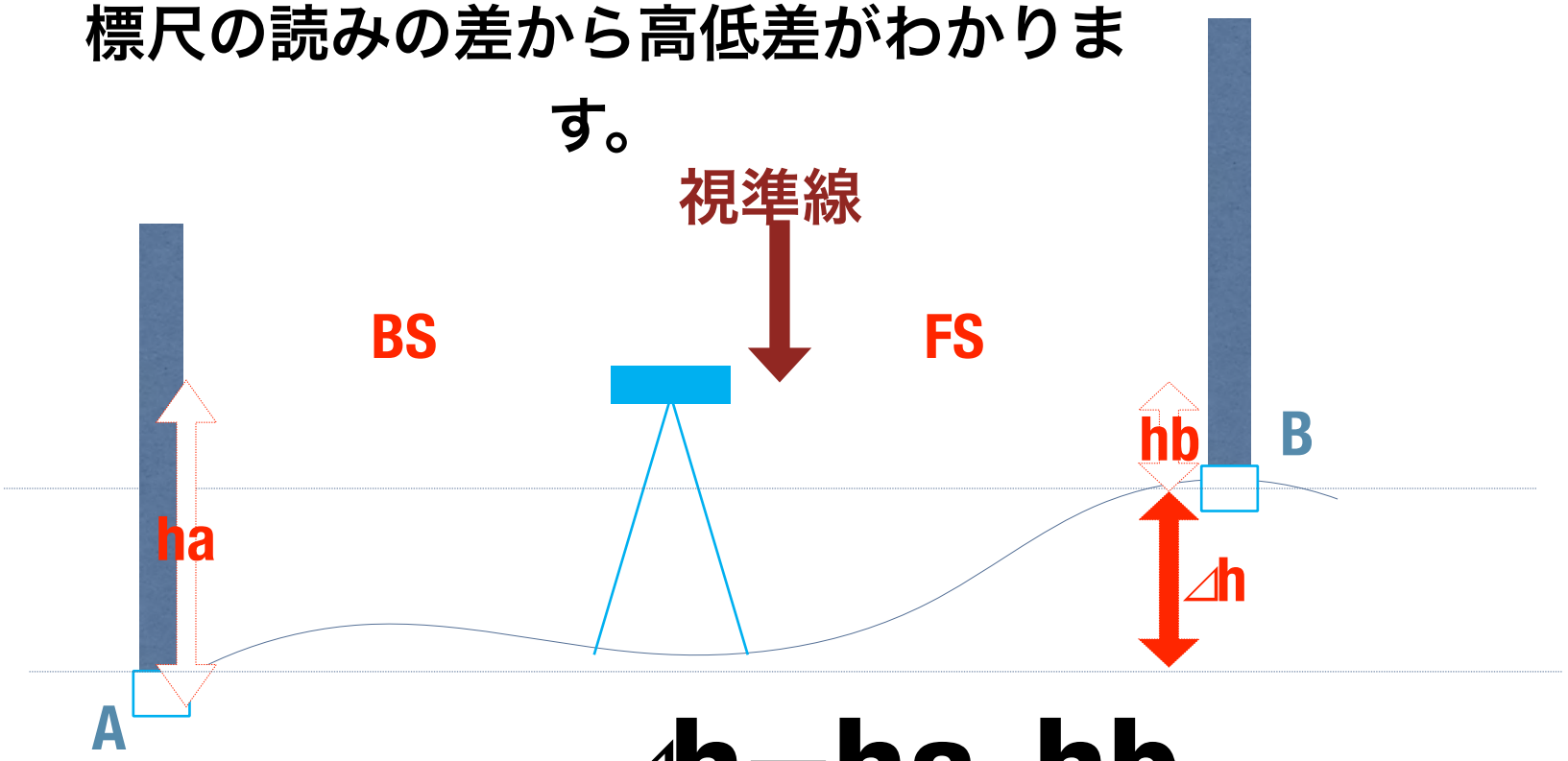
視準線誤差

原因：



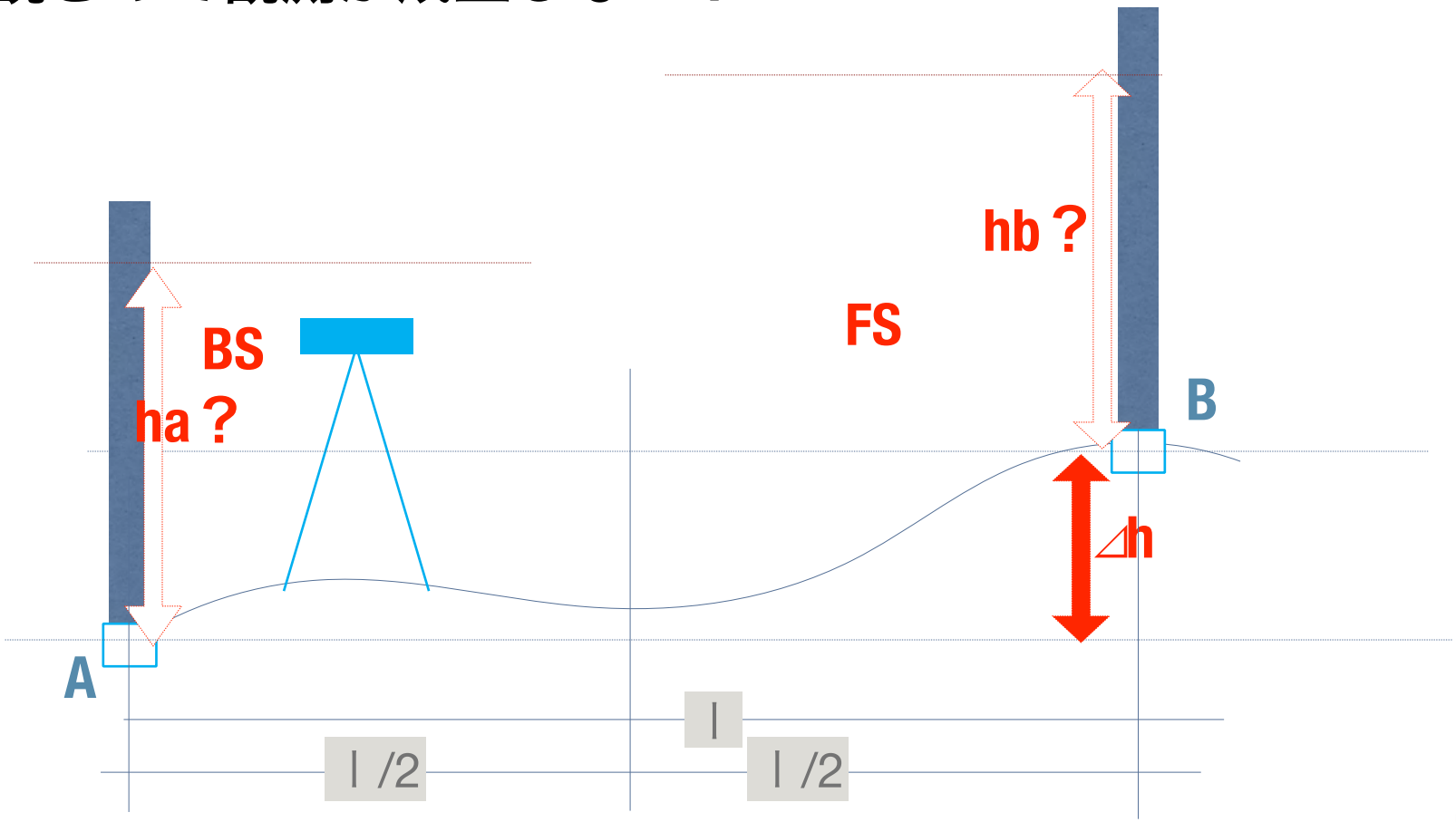
視準線が水平な場合

標尺の読みの差から高低差がわかります。



$$\Delta h = ha - hb$$

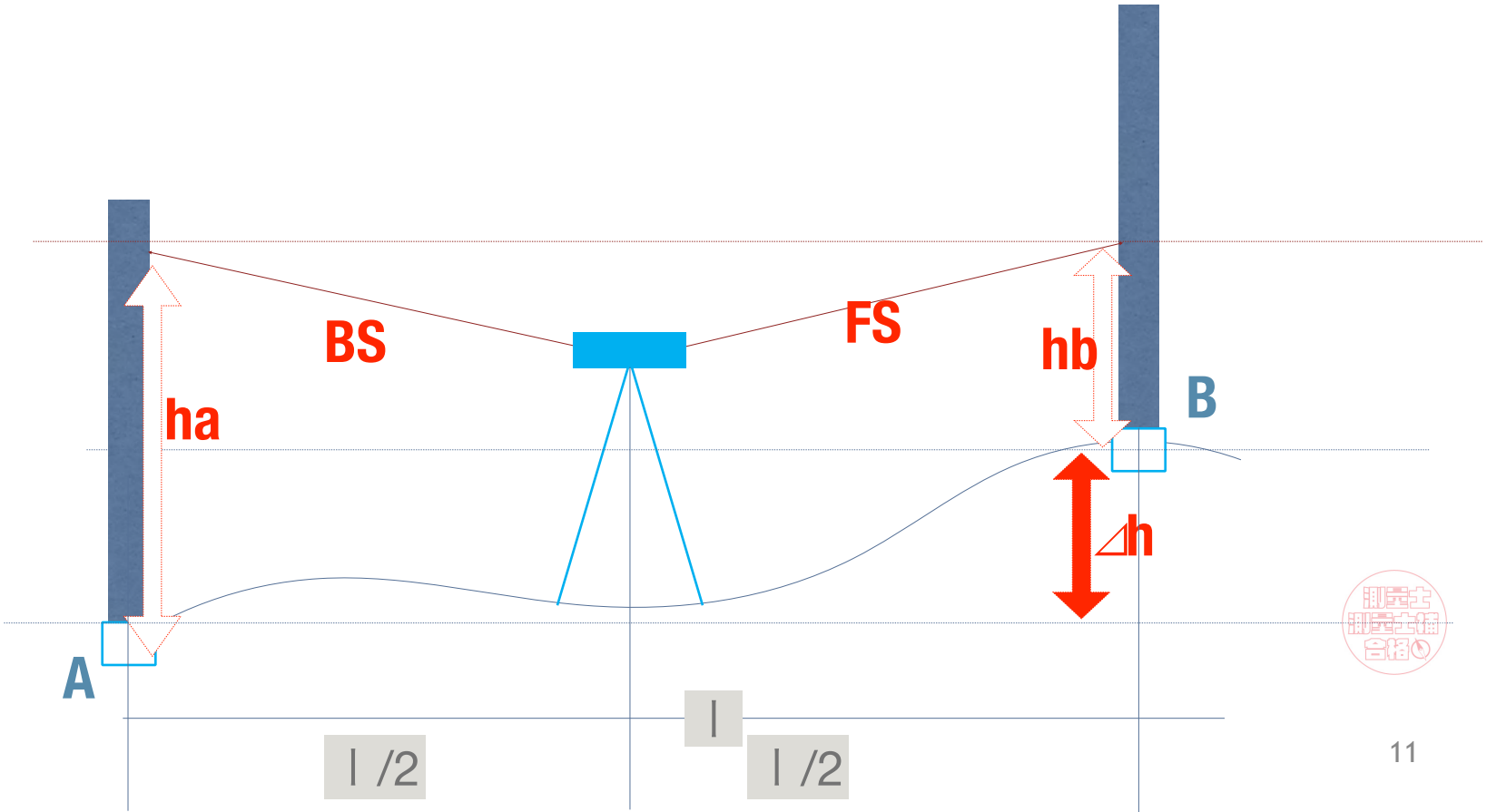
視準線が水平でないと異なる高さを
読むので観測が成立しない！



$$\Delta h = ha - hb$$

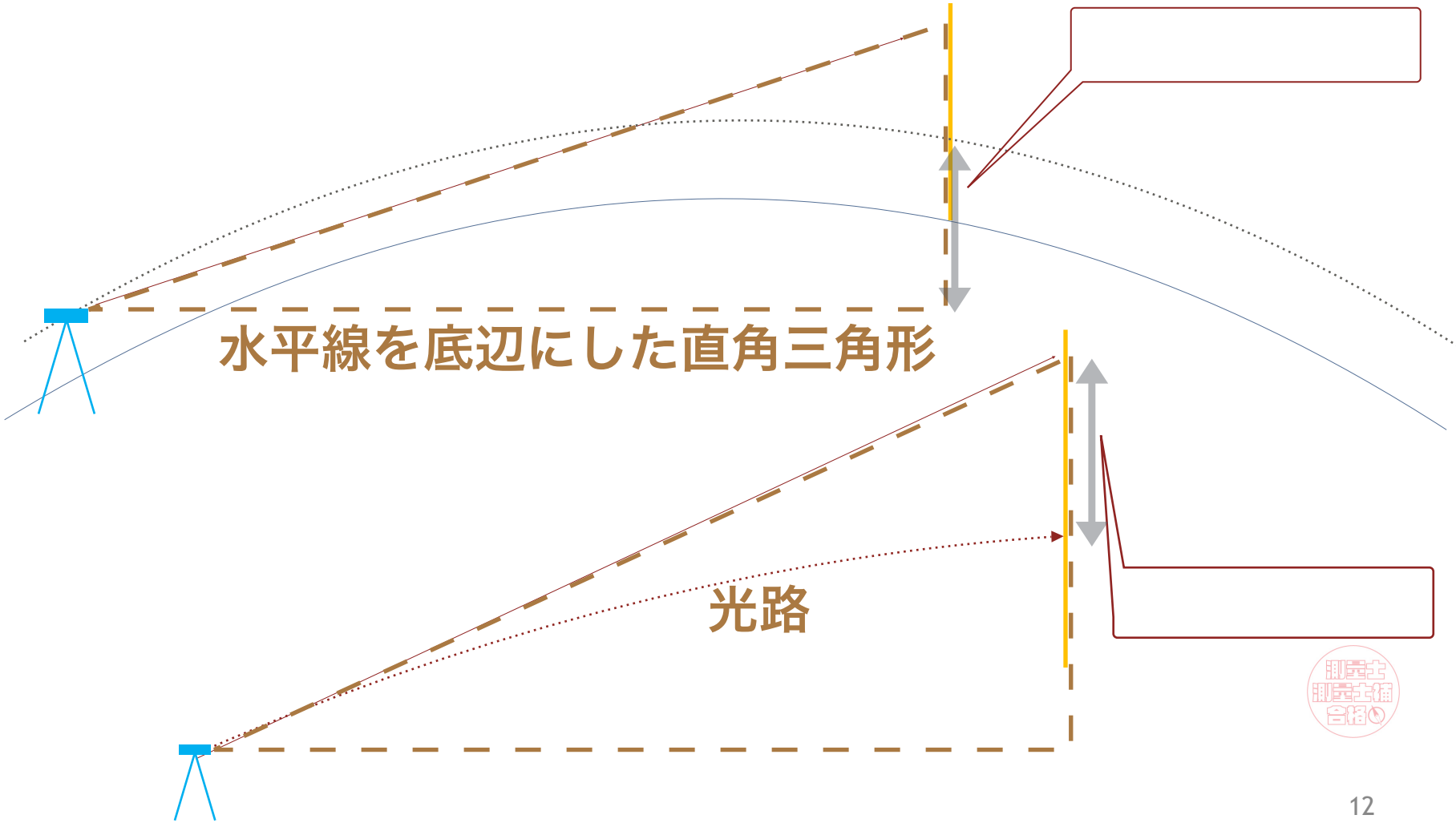
視準線誤差

対策



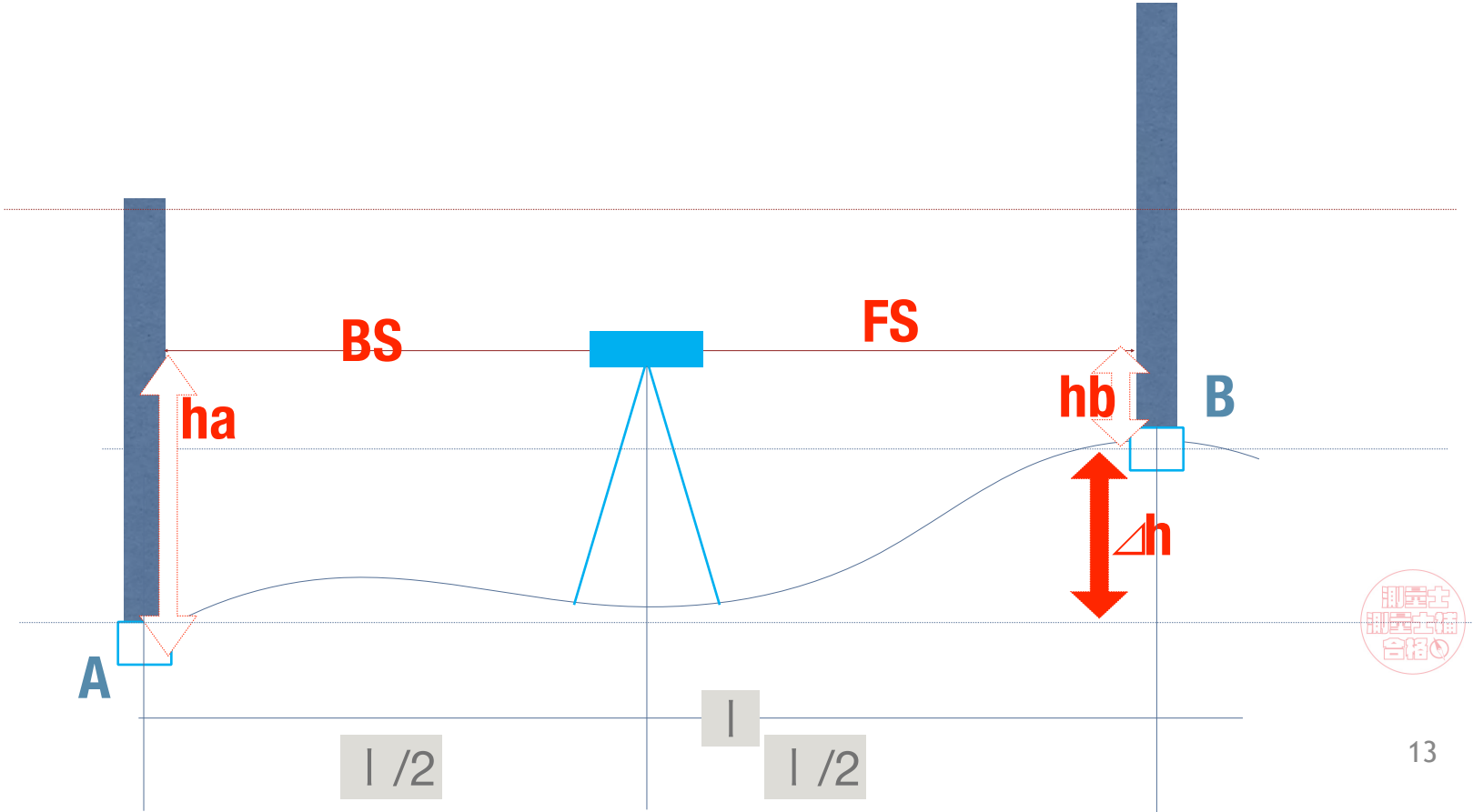
気差・球差（両差）

原因：



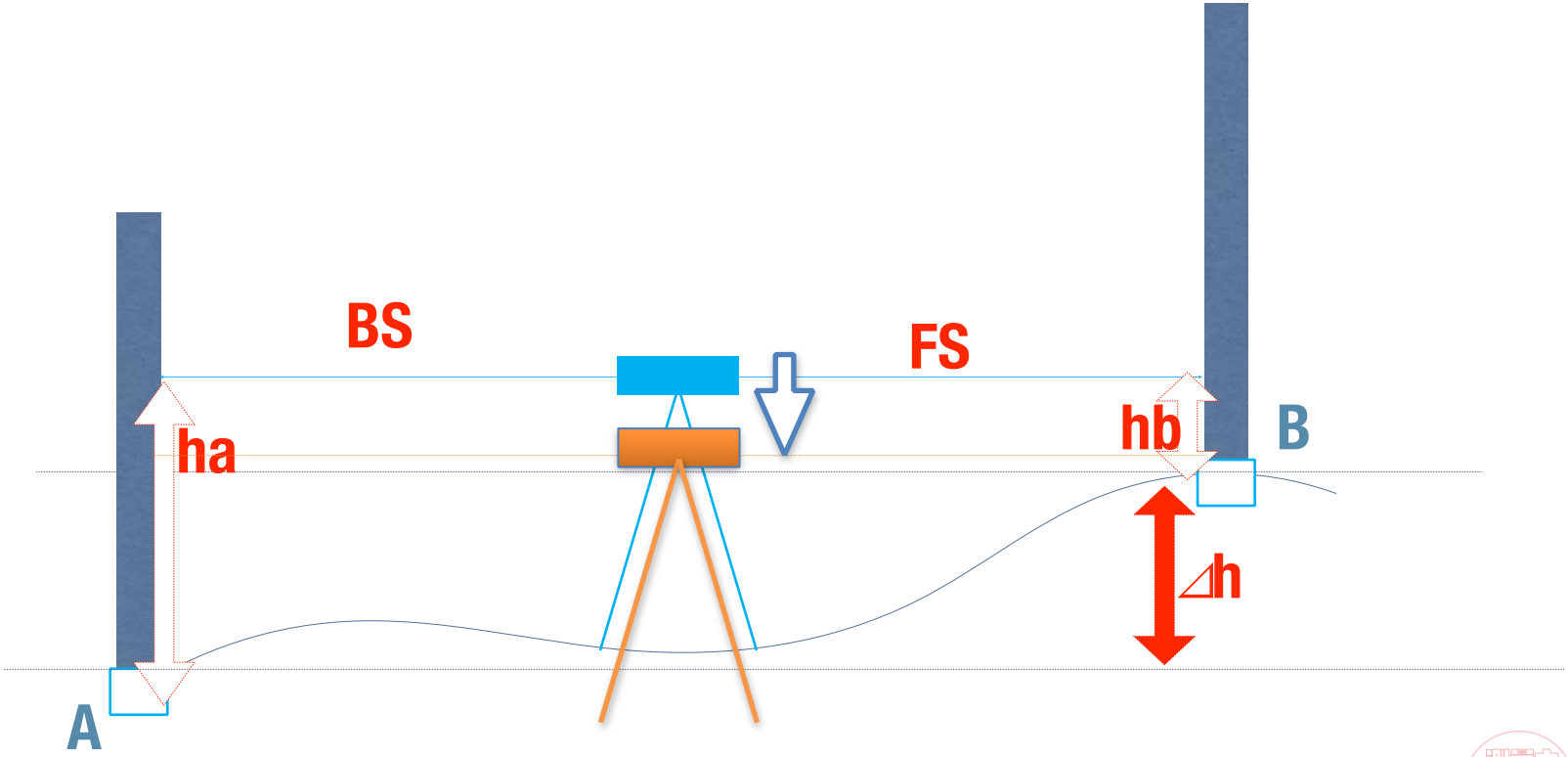
気差・球差（両差）

対策



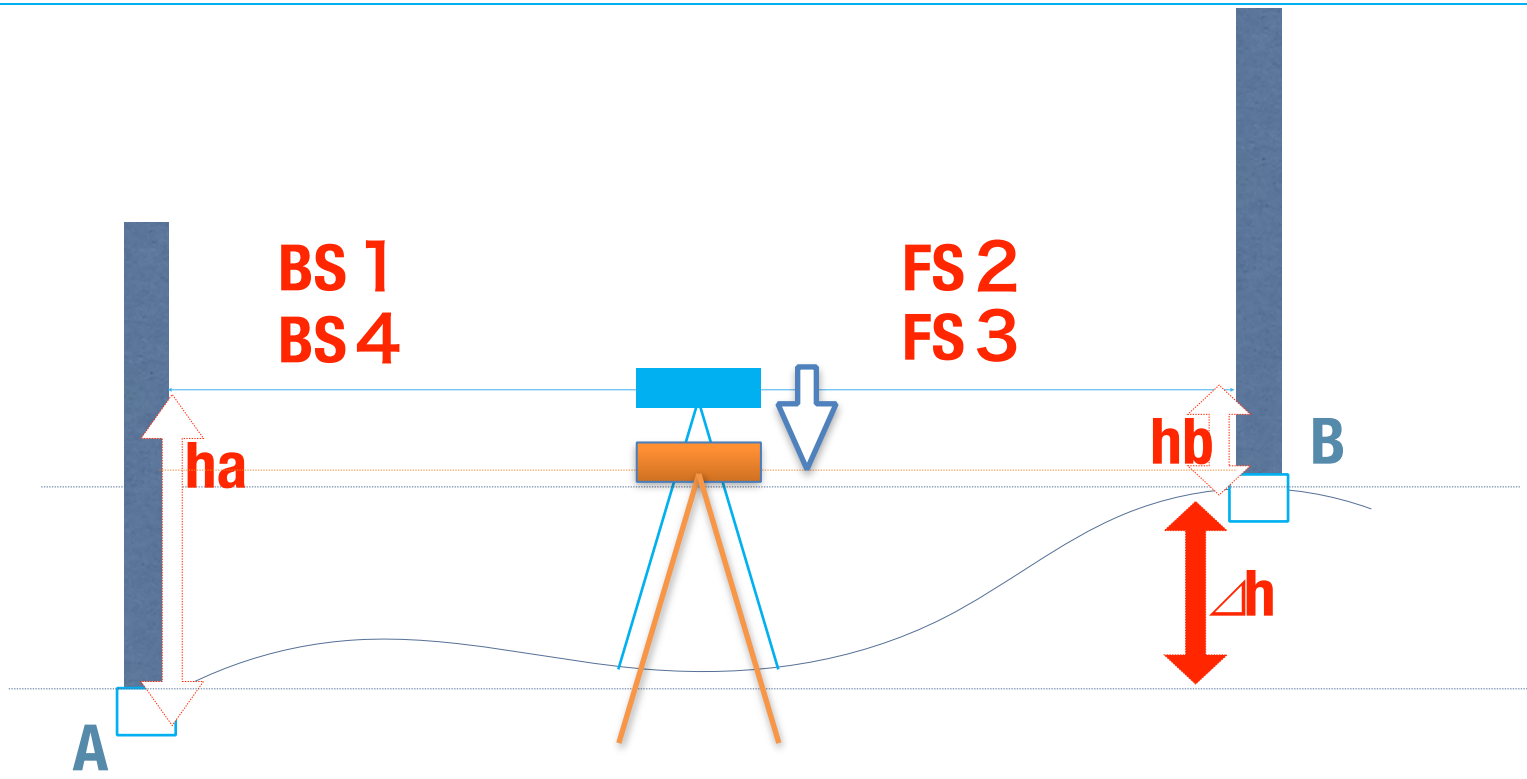
三脚の沈下による誤差

原因：



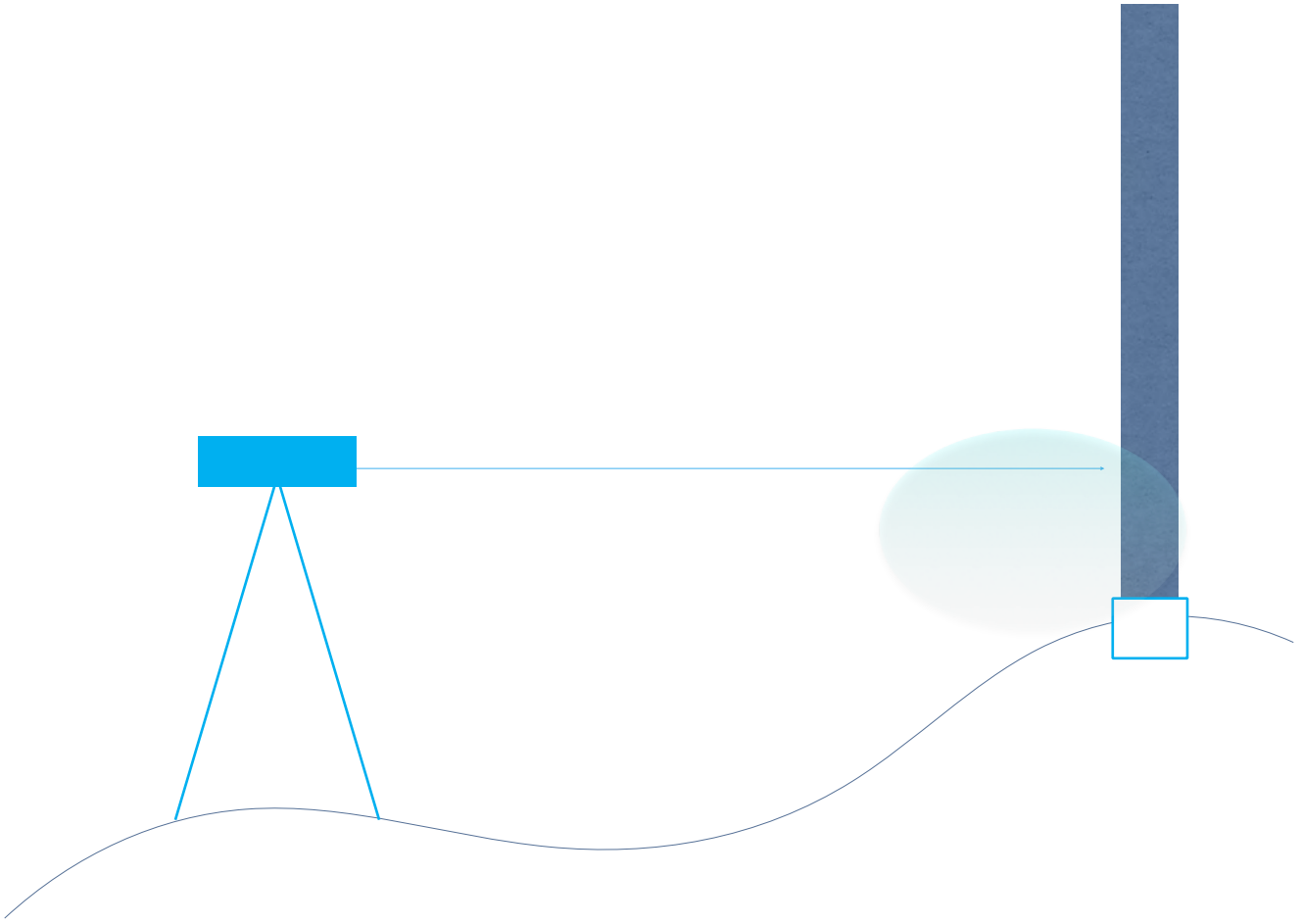
三脚沈下誤差

対策



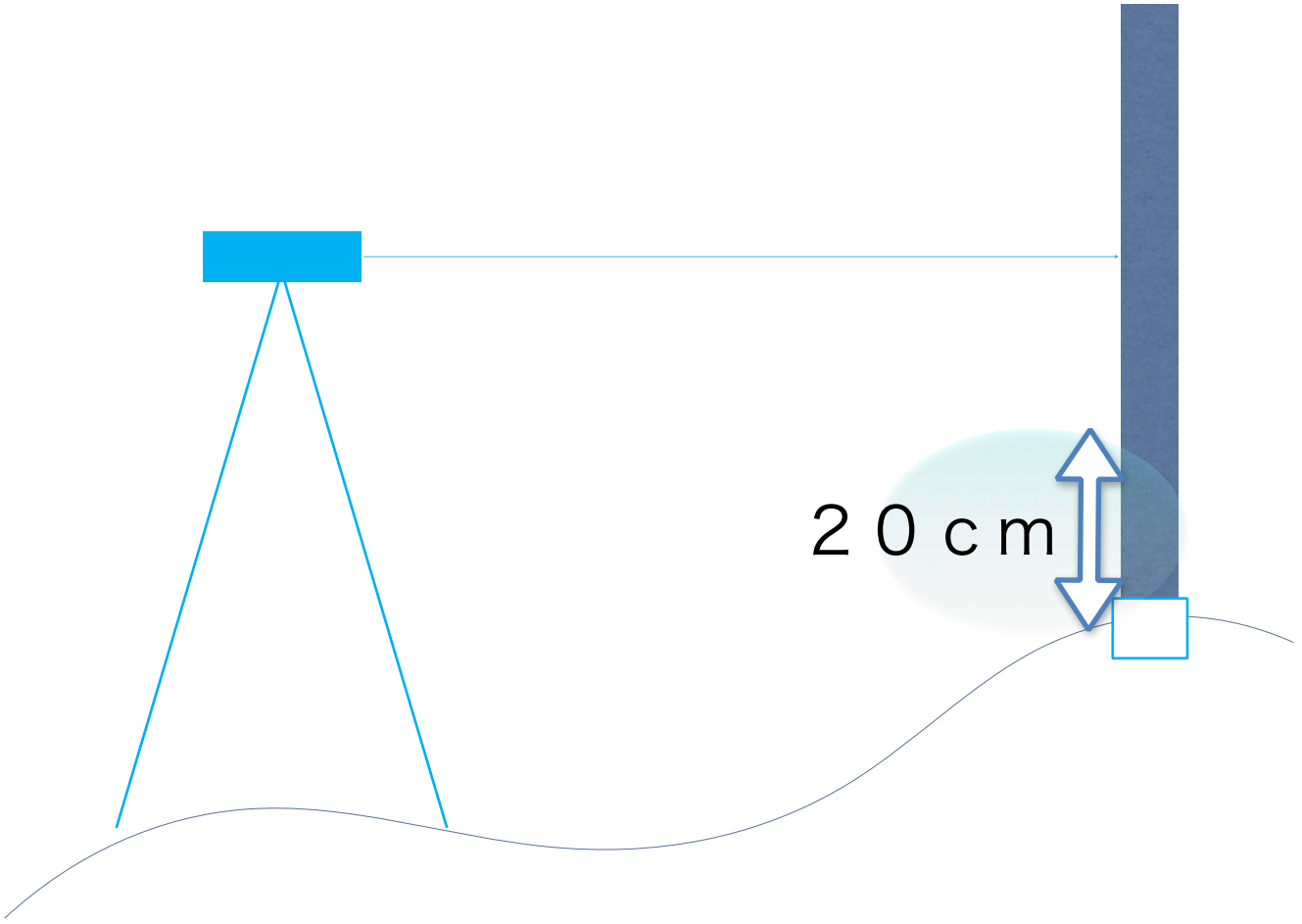
大気による屈折の誤差
（空気のゆらぎ）

原因：



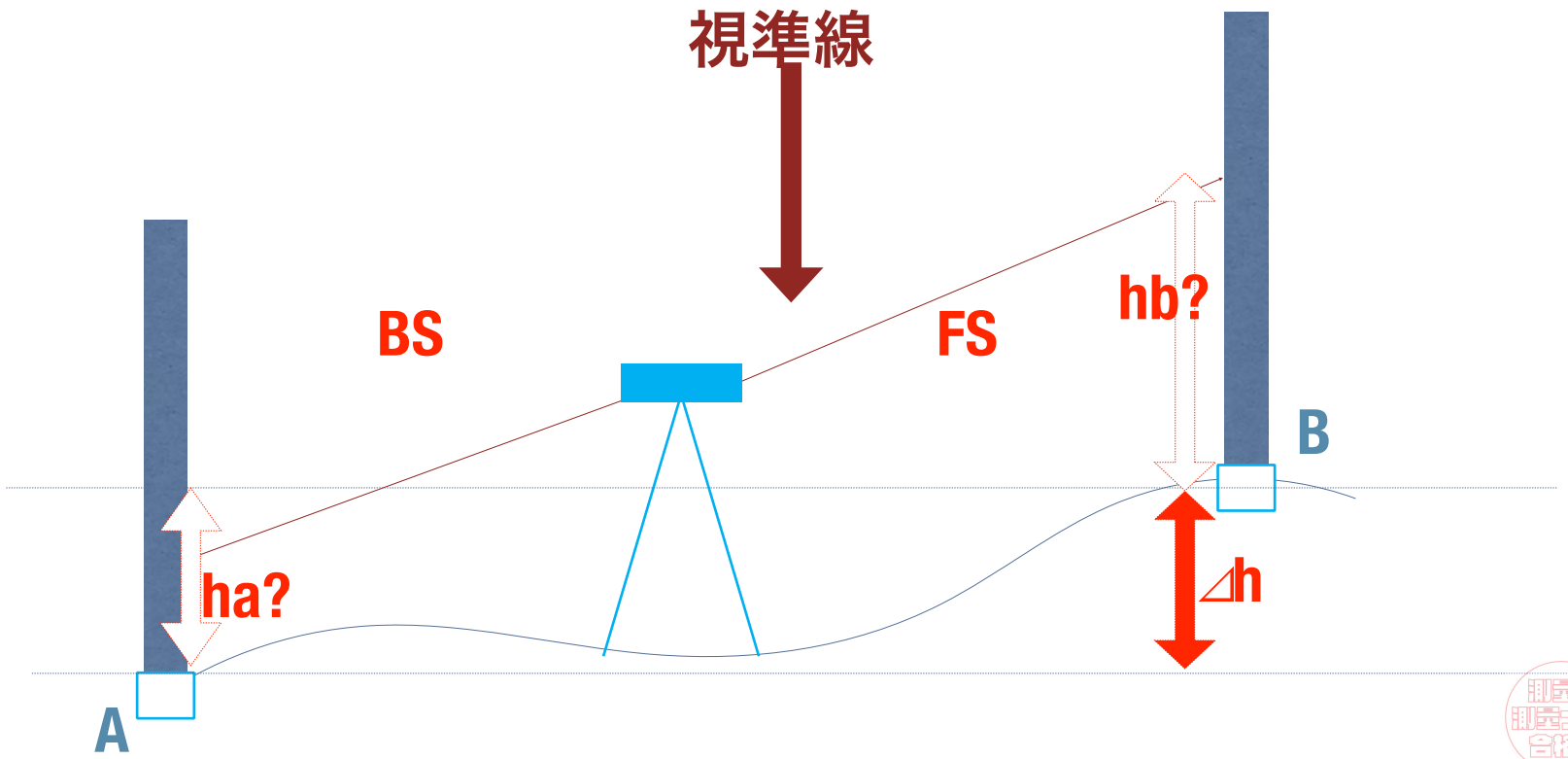
大気による屈折の誤差
（空気のゆらぎ）

対策：



鉛直軸誤差

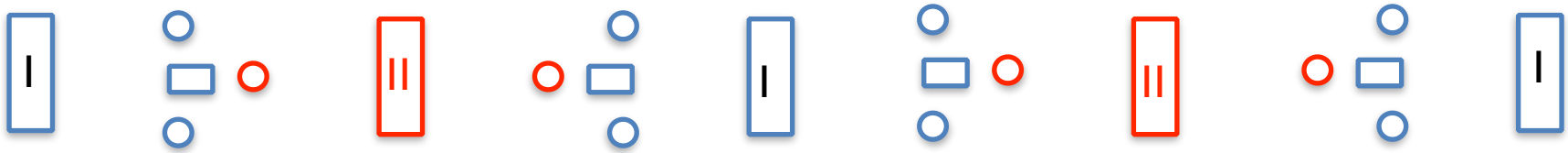
原因：



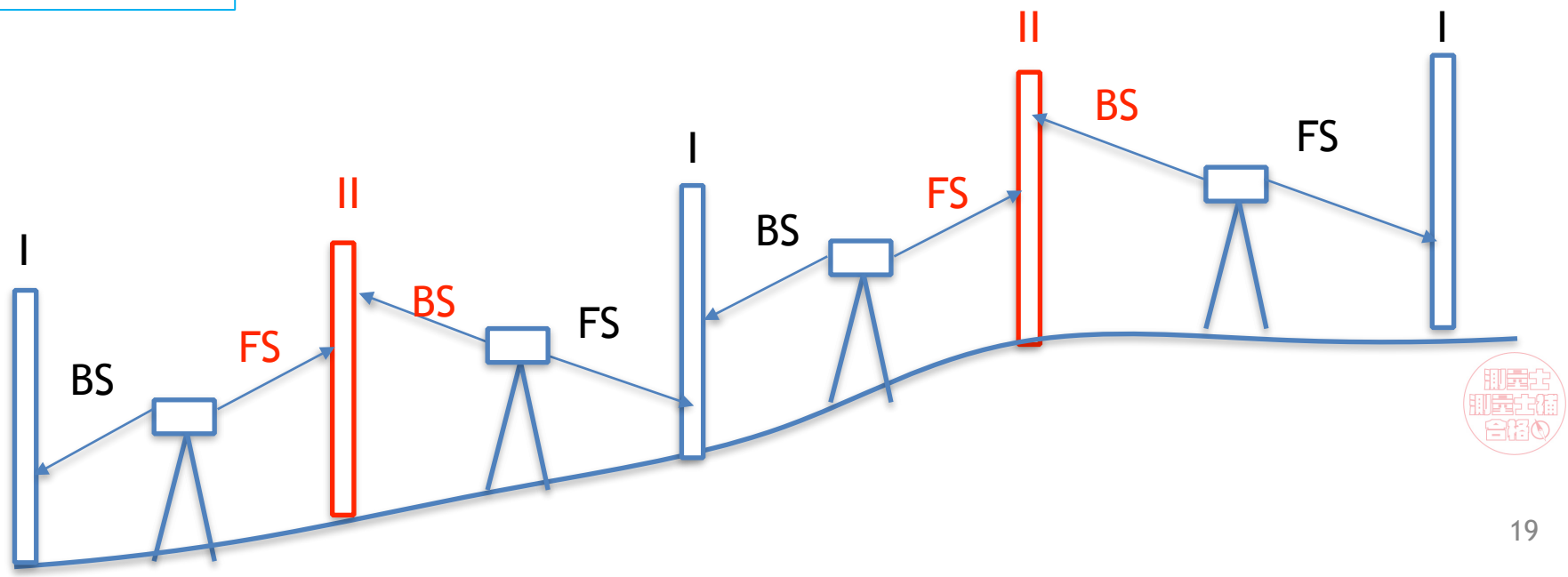
鉛直軸誤差

対策：

上から見た図



横から見た図



水準測量　2

水準測量の作業

正：新点の観測は、永久標識の埋設後＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿してから行う。

誤：新点の観測は、永久標識の埋設後ただちに行う。

埋設後も沈下したり、コンクリートが硬化することにより僅かに動いたりするから。

正：記入（記録）した読定値は、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

誤：記入（記録）した読定値が間違っていた場合、訂正（消去）後正しい値を記入する。

不正を防ぐためと、ミスをした場所をわかるようにしておくため。ミスがわかったときは、新しい記録を作成する。

正：標尺・レベル

は、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

誤：標尺・レベルは、作業着手前に点検調整を行えばよい。

器械・器具の点検調整は、作業着手前と概ね十日間ごとに行う。

測量士
測量士補
合格

正：観測に際してはレベルに日光が＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ようにする。

誤：観測に際しては直接日光により視界を明るくして行う。

気泡管やコンペンセータの機能ががくるうので直射日光は避ける。日傘等を利用する。

正：標尺に付属する円形水準器は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

誤：標尺に付属する円形水準器は、オートレベルを使用する場合には調整する必要はない。

標尺を鉛直に立てた状態で読むためには、標尺を前後に振って一番小さい値を読む場合もある。

測量士 測量士補 合格

正：2級水準測量では、

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

誤：2級水準測量では、1級標尺又は2級標尺を使用することができる。

「1.2級水準測量」には「1級標尺」を使用し,「3. 4級水準測量」には「2級標尺」を使用する。

測量士
測量士補
合格

正：１級水準測量では、標尺を

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿で読定する。

誤：１級水準測量では、標尺を1mm単位で読定する。

1級水準測量は0.1mmだけど、

2.3.4級水準測量は1mm。

正：1級水準測量では、＿＿。

誤：1級水準測量では、<u>気温を測定する必要はない</u>。

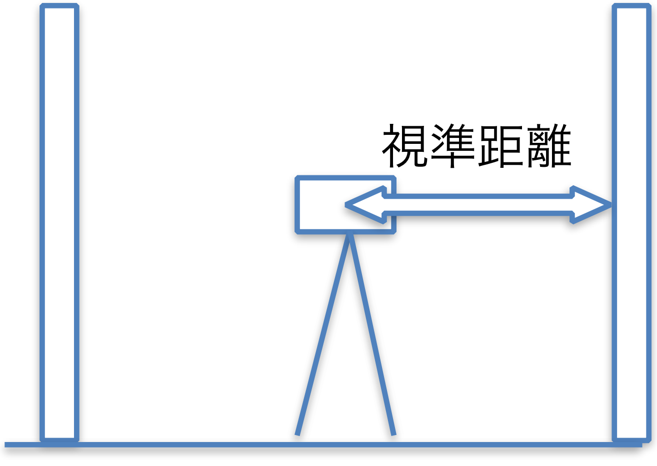
固定点とは観測ミスが有ったり再測するときなどの目安となる固定した点のことです。一定区間ごとに作り<u>往路・復路で共通で使用し</u>ます。木杭ではなく石や金属でつくります。

測量士 測量士補 合格

正：水準測量において、視準距離は、精度と作業効率から________________________

________________________。

誤：レベルの整置回数を減らすために、視準距離は、標尺が読み取れる範囲内で可能な限り長くする。



1級は50m、2級は60m、3・4級は70mとされている。

測量士
測量士補
合格

正：自動レベル・電子レベルを用いる場合には＿＿＿＿＿＿＿＿及び視準線の点検調整の他に＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の点検を行う。

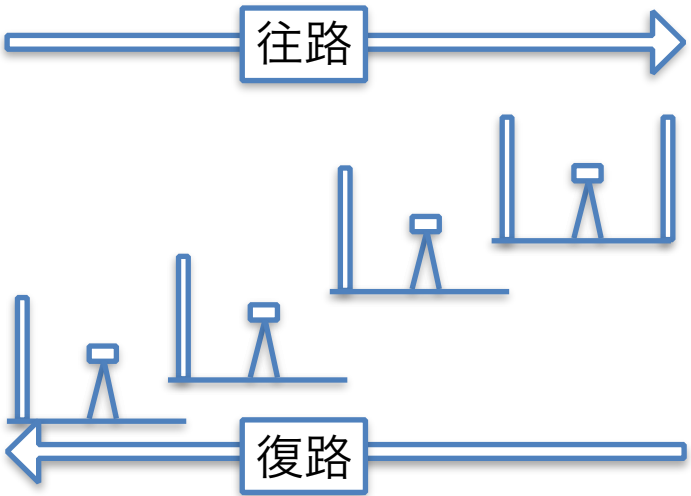
誤：自動レベル・電子レベルを用いる場合には円形水準器及び視準線の点検調整を行えばコンペンセータの点検を行う必要は無い。

コンペンセータとは自動補正機構のこと。円形水準器で概ね器械を水平にすると、自動で器械を水平に補正する。

測量士
測量士補
合格

正：往復観測を行う水準測量において往復の観測値の較差が許容範囲を超える場合は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

誤：往復観測を行う水準測量において往復の観測値の較差が許容範囲を超える場合は往路と復路の平均値を採用する。



往復の較差が大きい場合は往路または復路あるいは両方に誤差があるため再測を行う。較差の許容範囲は定められている。

水準測量　3

標高の最確値（計算）

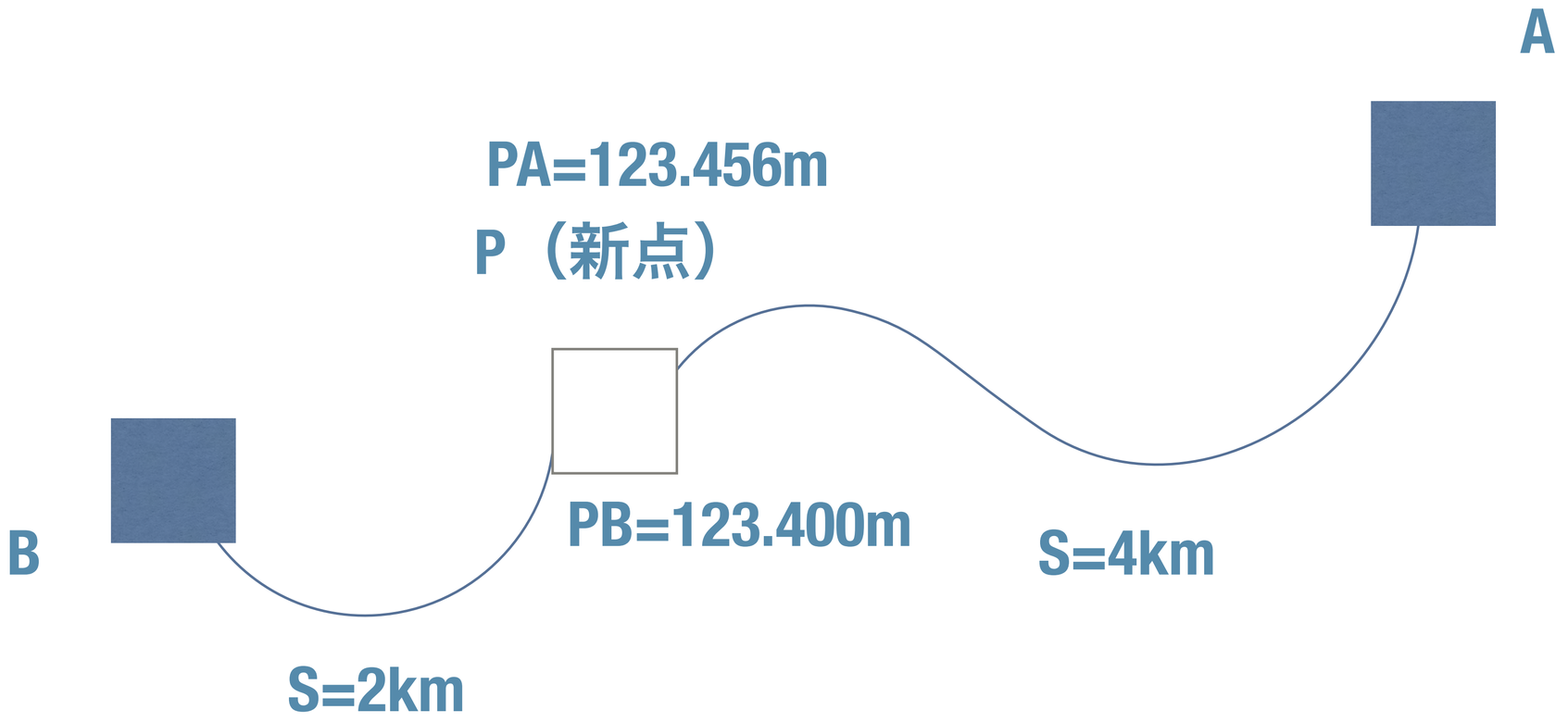
重み　観測距離

身につけたい知識

・重み付き平均値による

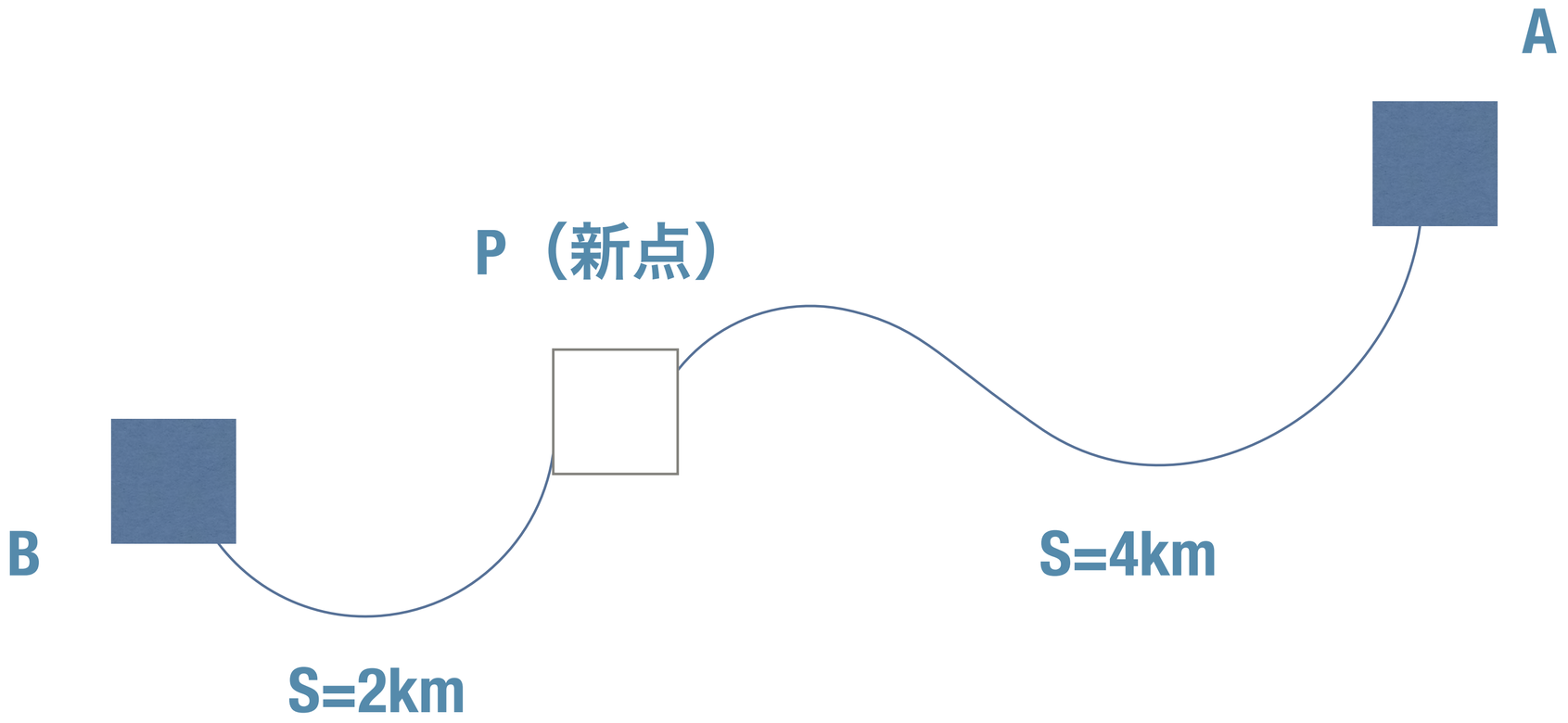
標高の最確値の求め方

重み付き平均値

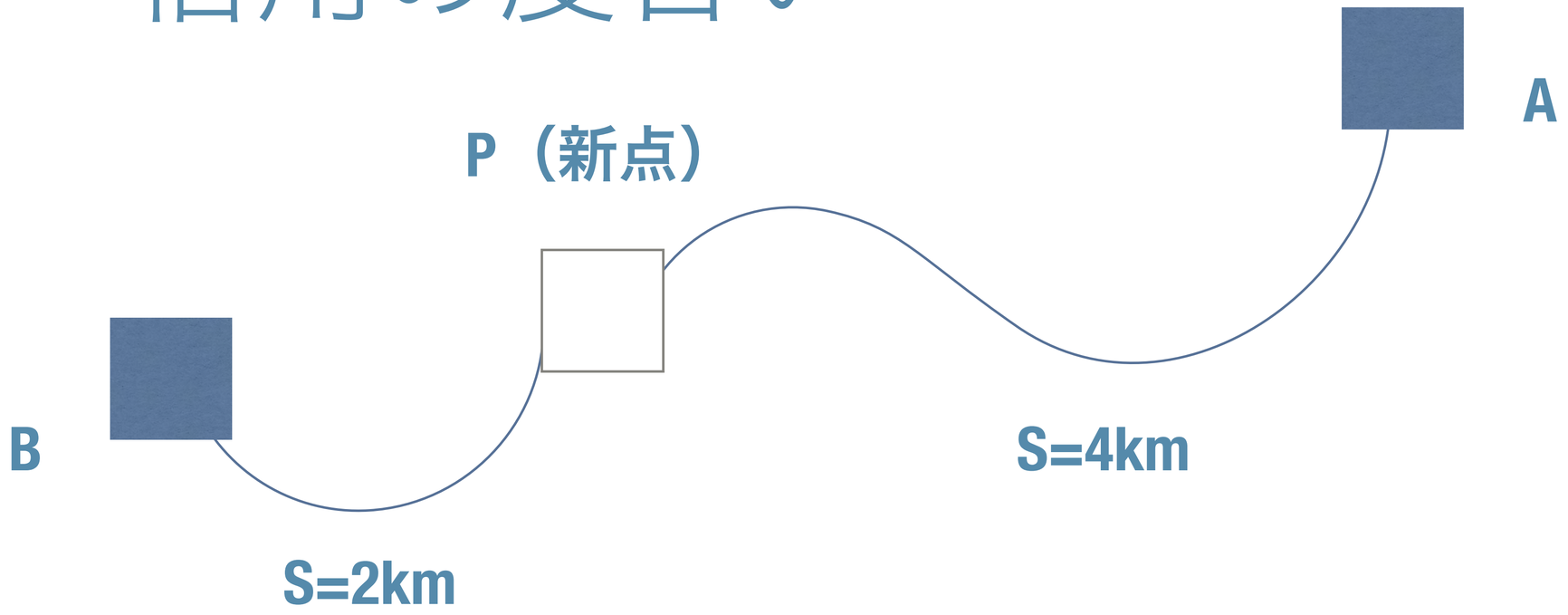


A点から求めたPの標高と、B点から求めたPの標高はどちらが信用できるか？

重み付き平均値

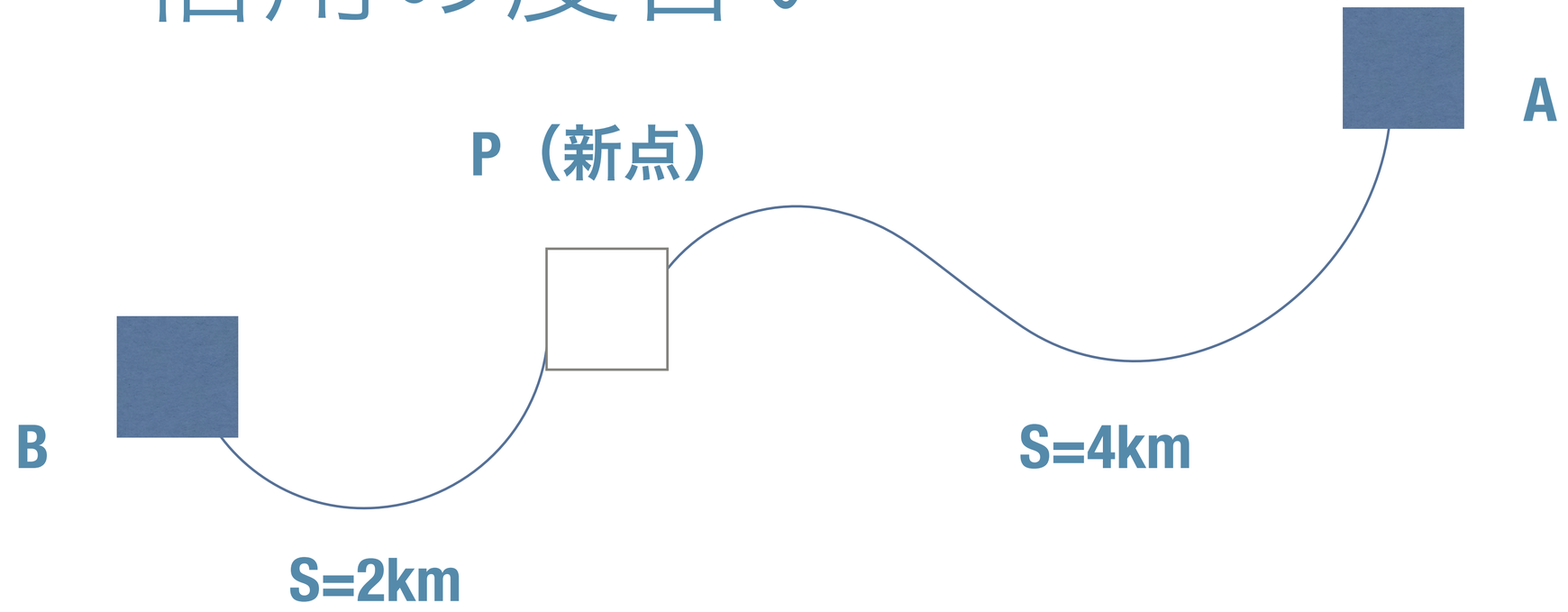


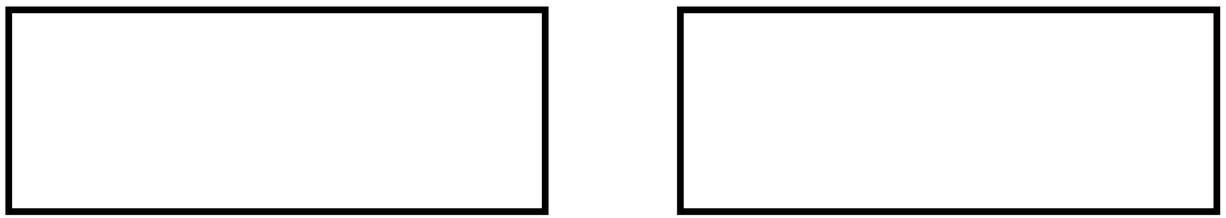
重み＝信用の度合い



重み（ｗ）は距離（ｓ）に反比例するので

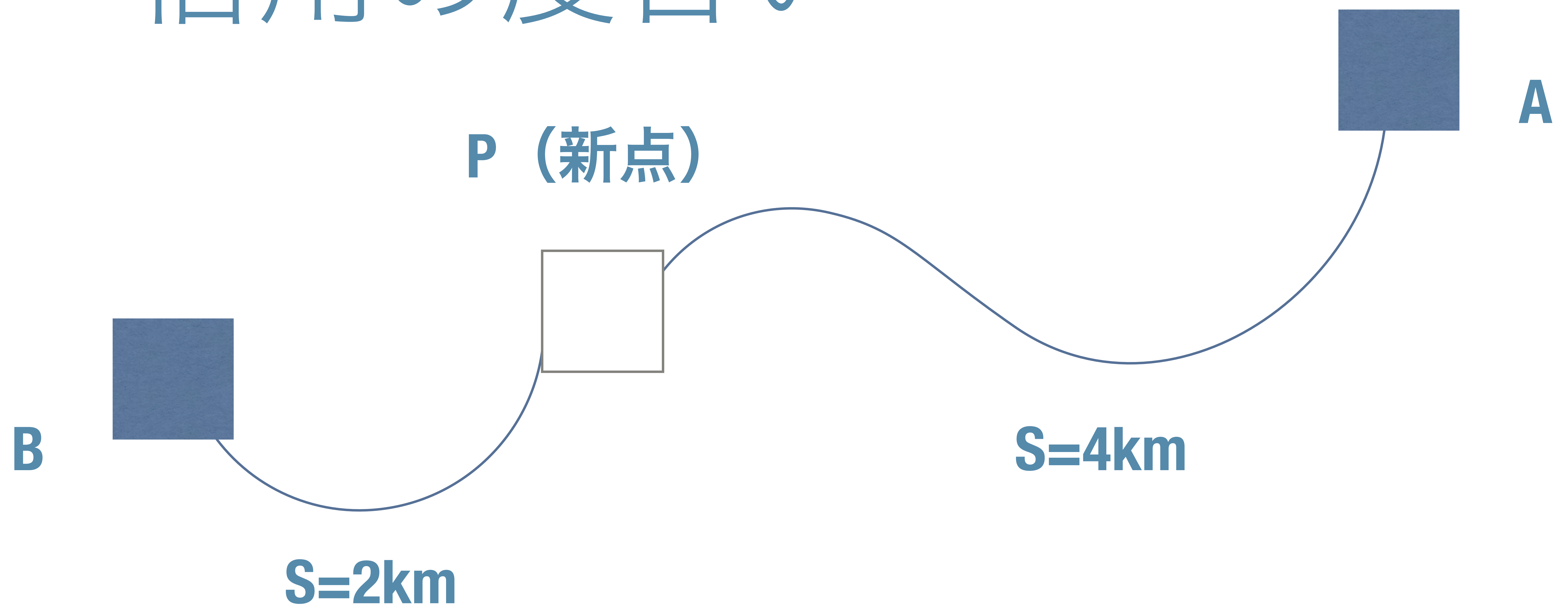
重み＝信用の度合い





比べやすくするため分母の＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿をかけてあげると

重み＝信用の度合い



wA=______／4=1

wB=______／2=2

____________________________________！

重み付き平均値

A点から求めたP点の標高とB点から求めたPの標高を平均してP点の正しい標高を求めますが、信用できるB点の方の影響を大きくしたい！

一般的な平均値

PA（A点から求めたPの標高）=123.456m

PB（B点から求めたPの標高）=123.400m

$$P = \frac{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad} =$$

重み付き平均値

PA（A点から求めたPの標高）=123.456m　SA=4km　　wA=1

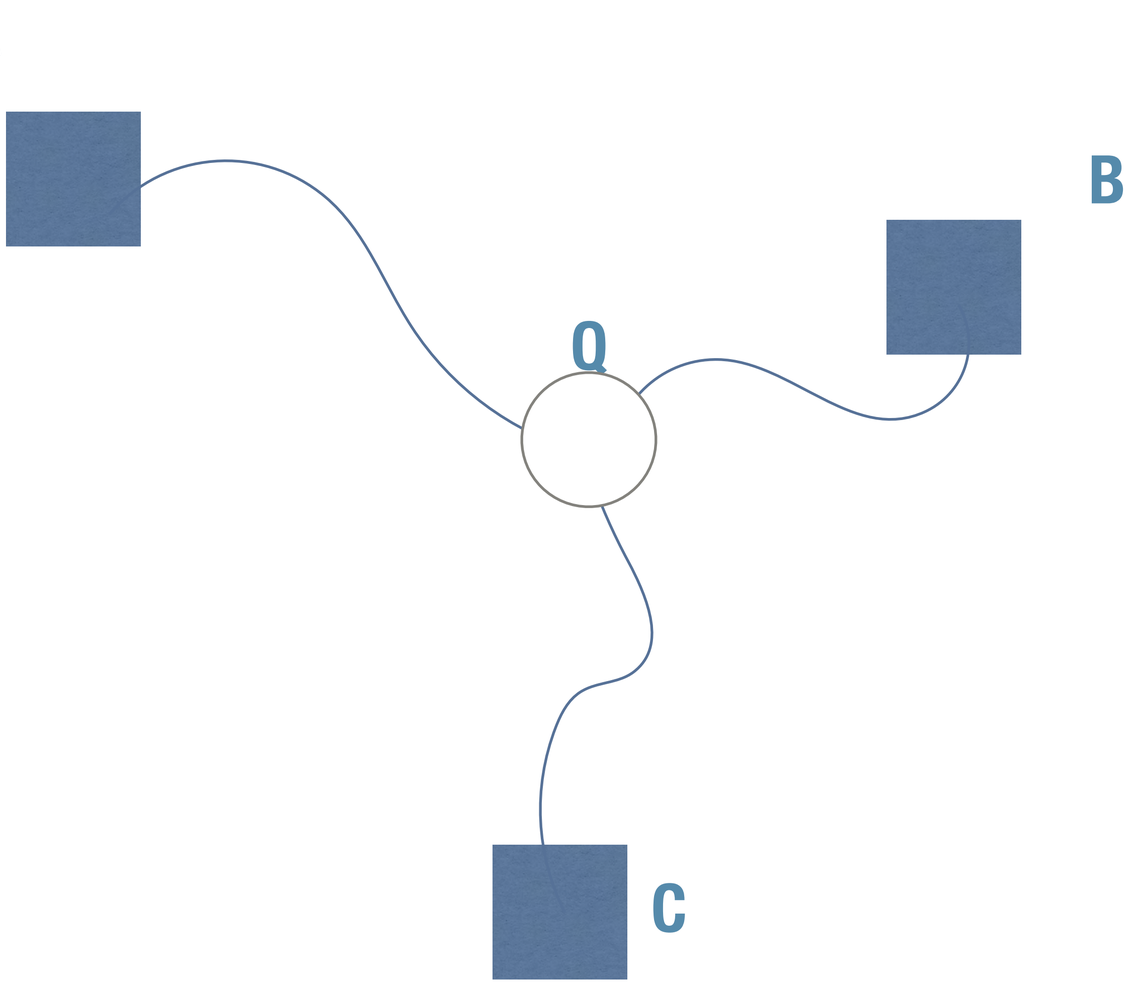
PB（B点から求めたPの標高）=123.400m　SB=2km　　wB=2

P=　　=

一般的な平均値　123.428m

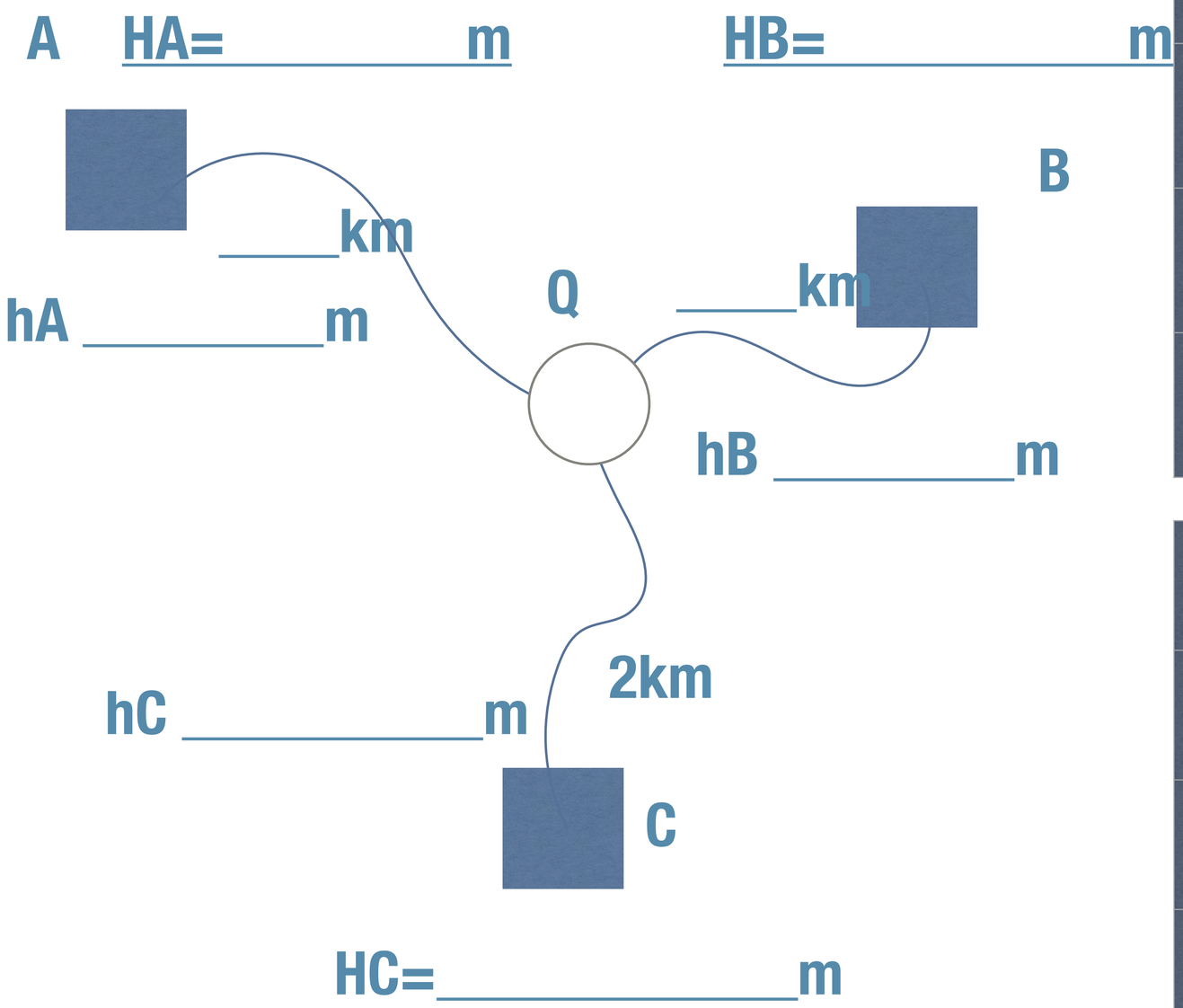
重み付き平均値　123.419m

例題 新点Qの最確値はいくらか？



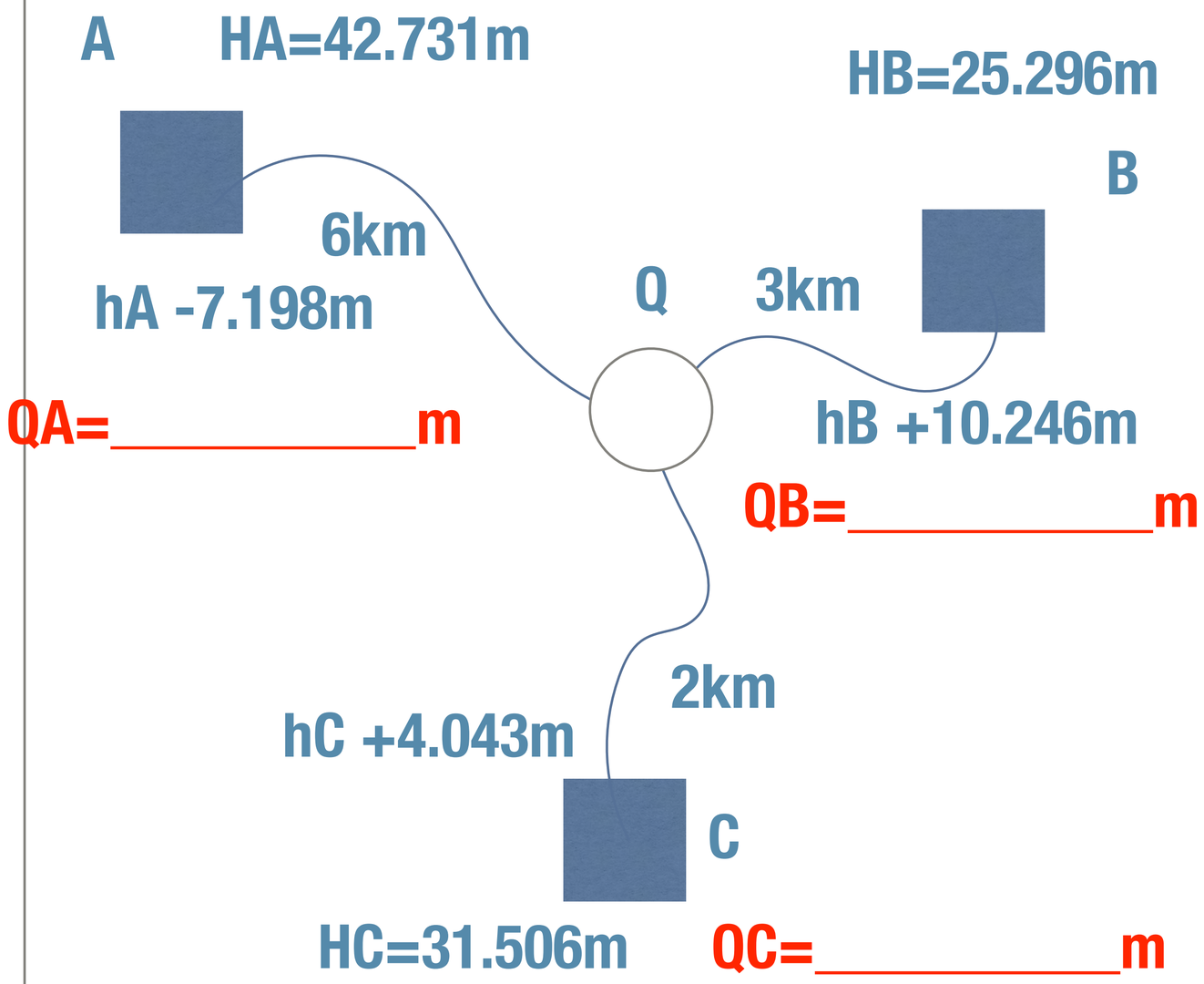
路線	距離	観測高低差
A→Q	6 km	-7.198m
B→Q	3km	+10.246m
C→Q	2km	+4.043

既知点	標高
A	42.731m
B	25.290m
C	31.506m



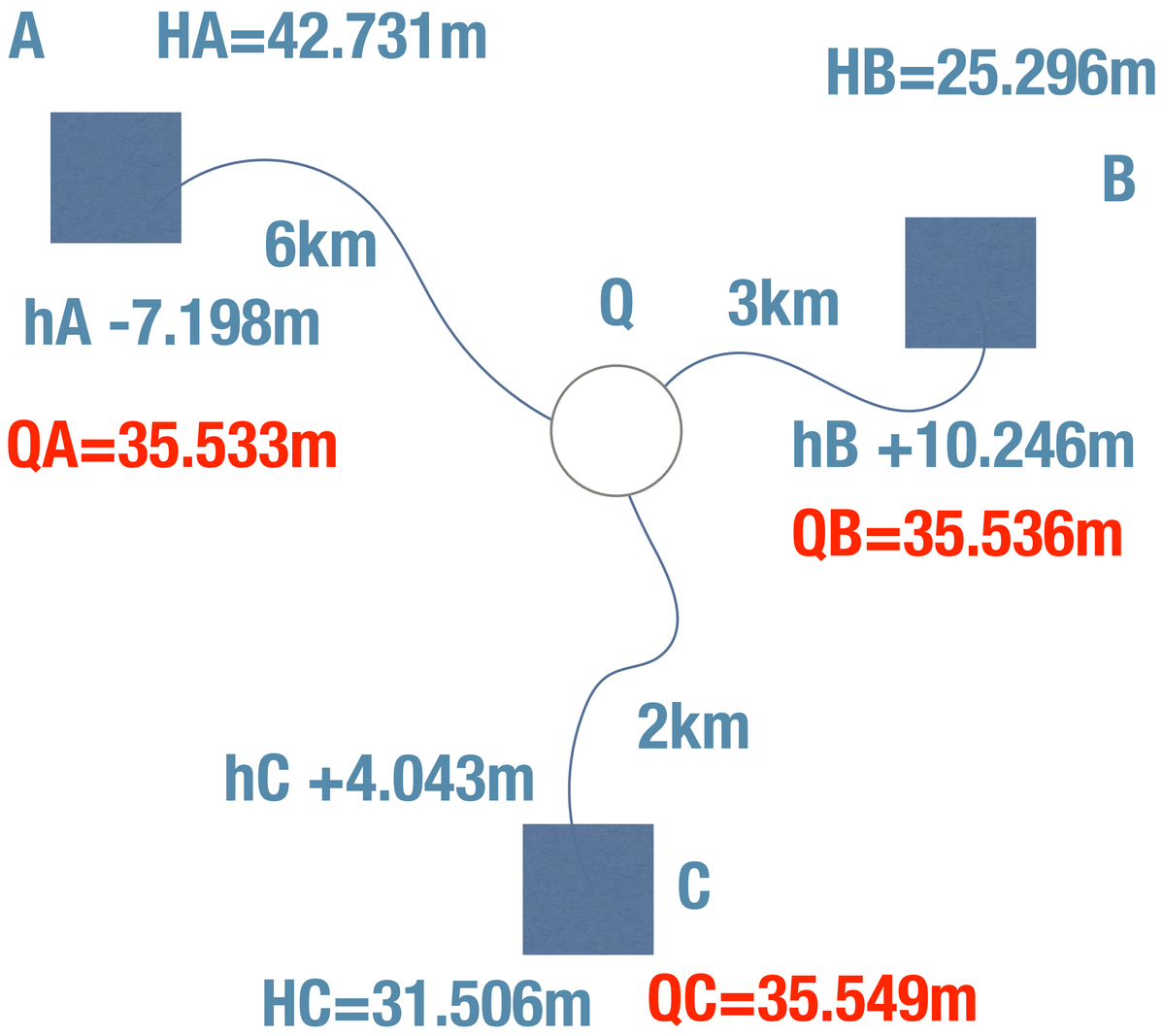
路線	距離	観測高低差
A→Q	6 km	-7.198m
B→Q	3km	+10.246m
C→Q	2km	+4.043

既知点	標高
A	42.731m
B	25.290m
C	31.506m



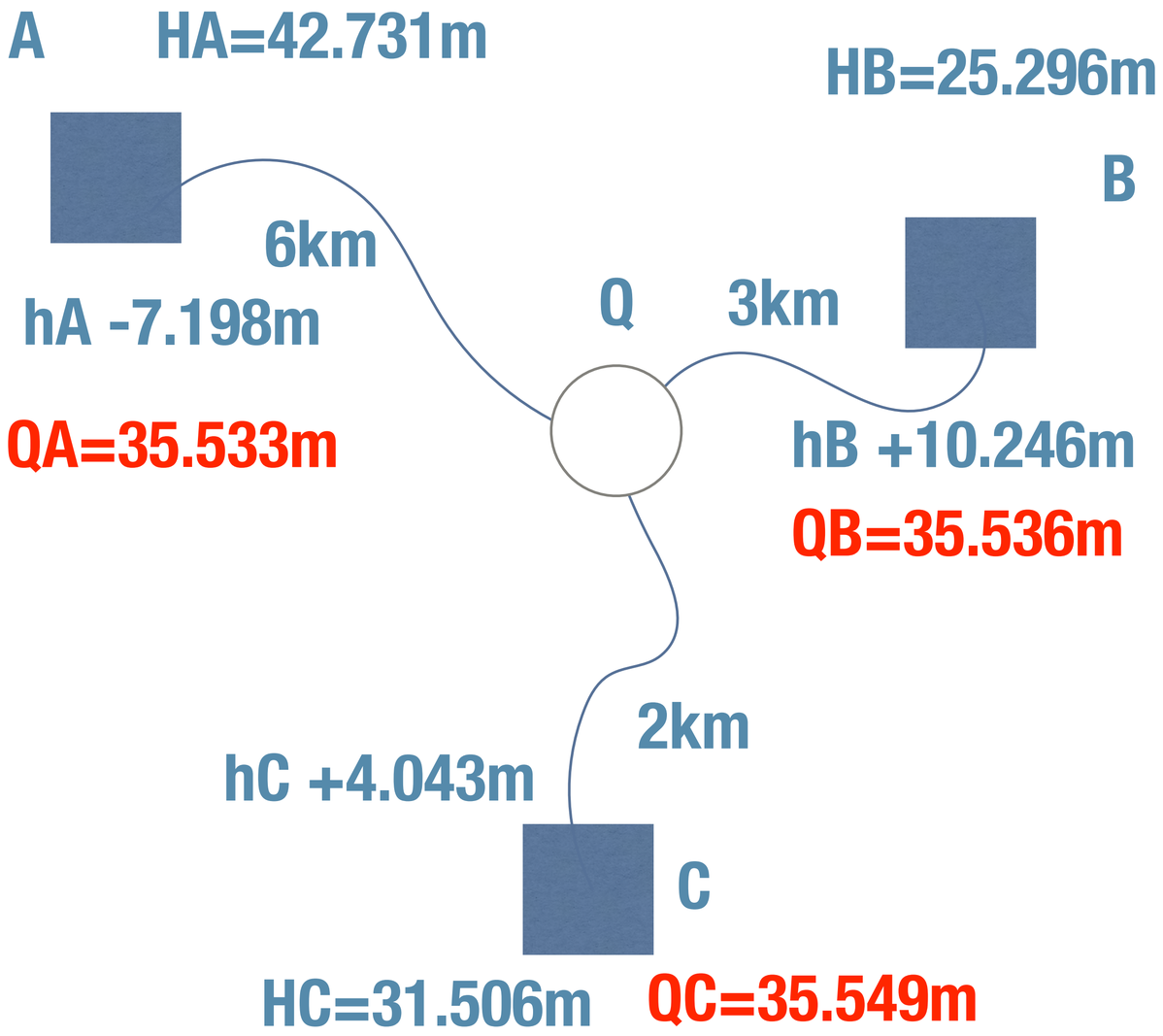
路線	距離	観測高低差
A→Q	6 km	-7.198m
B→Q	3km	+10.246m
C→Q	2km	+4.043

既知点	標高
A	42.731m
B	25.290m
C	31.506m



路線	距離	重み
A→Q	6 km	
B→Q	3km	
C→Q	2km	

既知点	標高
A	42.731m
B	25.290m
C	31.506m



路線	距離	重み	重み	重み
A→Q	6 km			
B→Q	3km			
C→Q	2km			

既知点	各点から求めたQの標高
A	35.533m
B	35.536m
C	35.549m

既知点	各点から求めたQの標高
A	35.533m
B	35.536m
C	35.549m

路線	距離	重み	重み	重み
A→Q	6 km	1/6	6/6	1
B→Q	3km	1/3	6/3	2
C→Q	2km	1/2	6/2	3

HQ= **=＿＿＿＿＿m**

$$HQ = \frac{35.533 \times 1 + 35.536 \times 2 + 35.549 \times 3}{1 + 2 + 3}$$

$$HQ = [\quad\quad] + \left[\frac{\quad\quad}{\quad\quad} \right]$$

$$HQ = [\ 35.5\ ] + \left[\frac{\quad\quad}{\quad\quad} \right]$$

$$HQ = [\ 35.5\ ] + [\quad\quad] = \underline{\quad\quad\quad\quad} m$$

測量士
測量士補
合格

水準測量　4

杭打ち調整法

センターレベリング　視準線

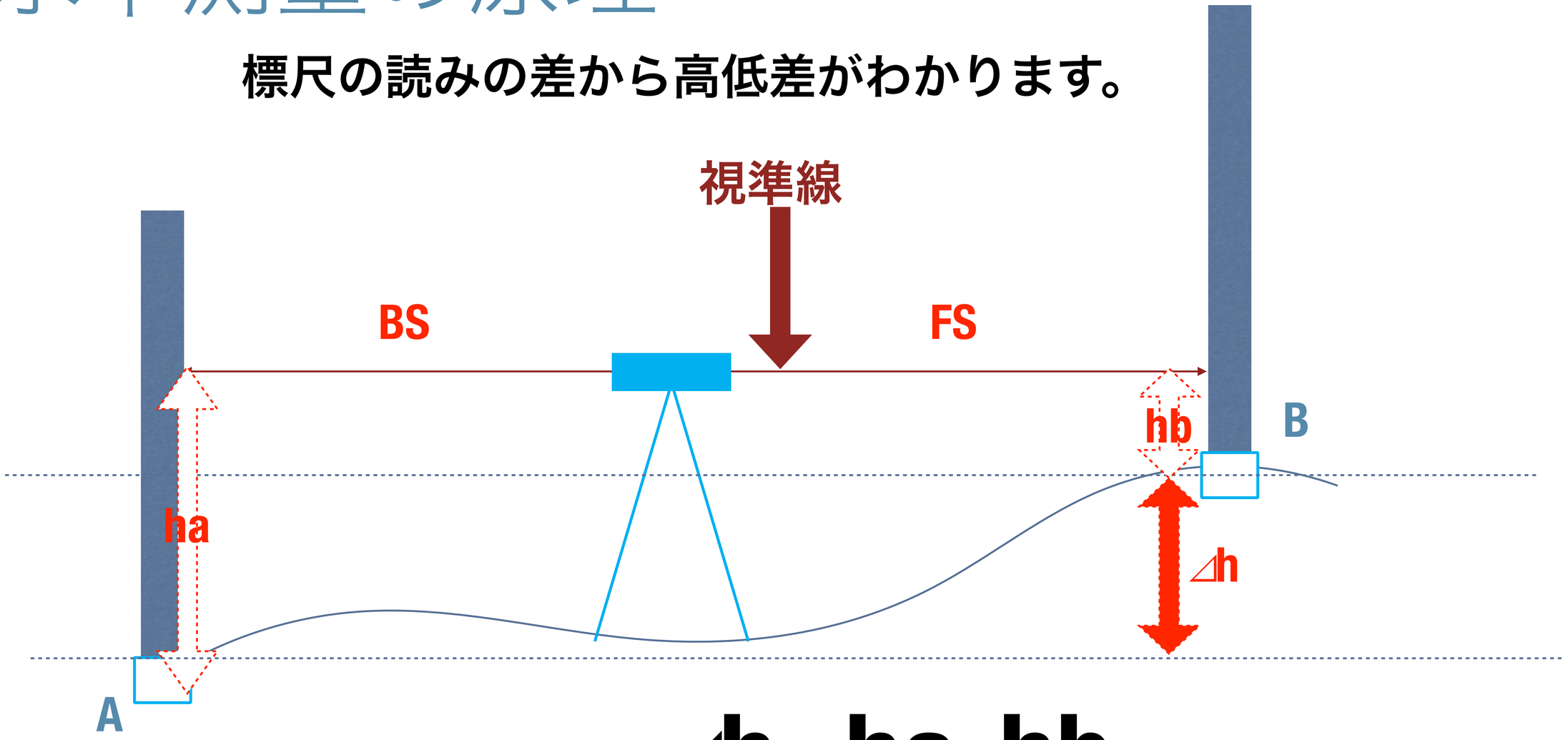
身につけたい知識

・レベルを使った水準測量の原理

・杭打ち調整法による視準線の調整

水準測量の原理

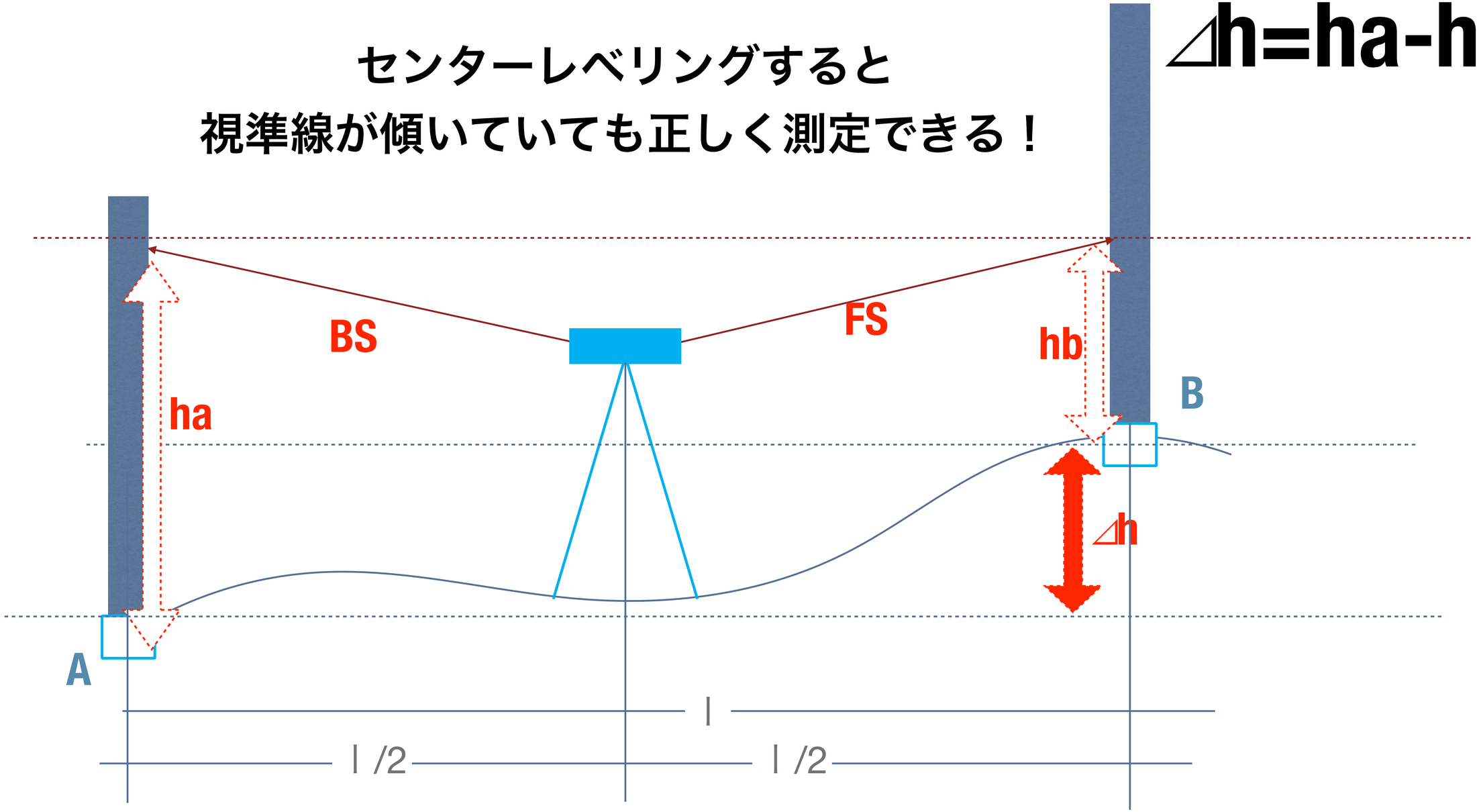
標尺の読みの差から高低差がわかります。



$$\Delta h = ha - hb$$

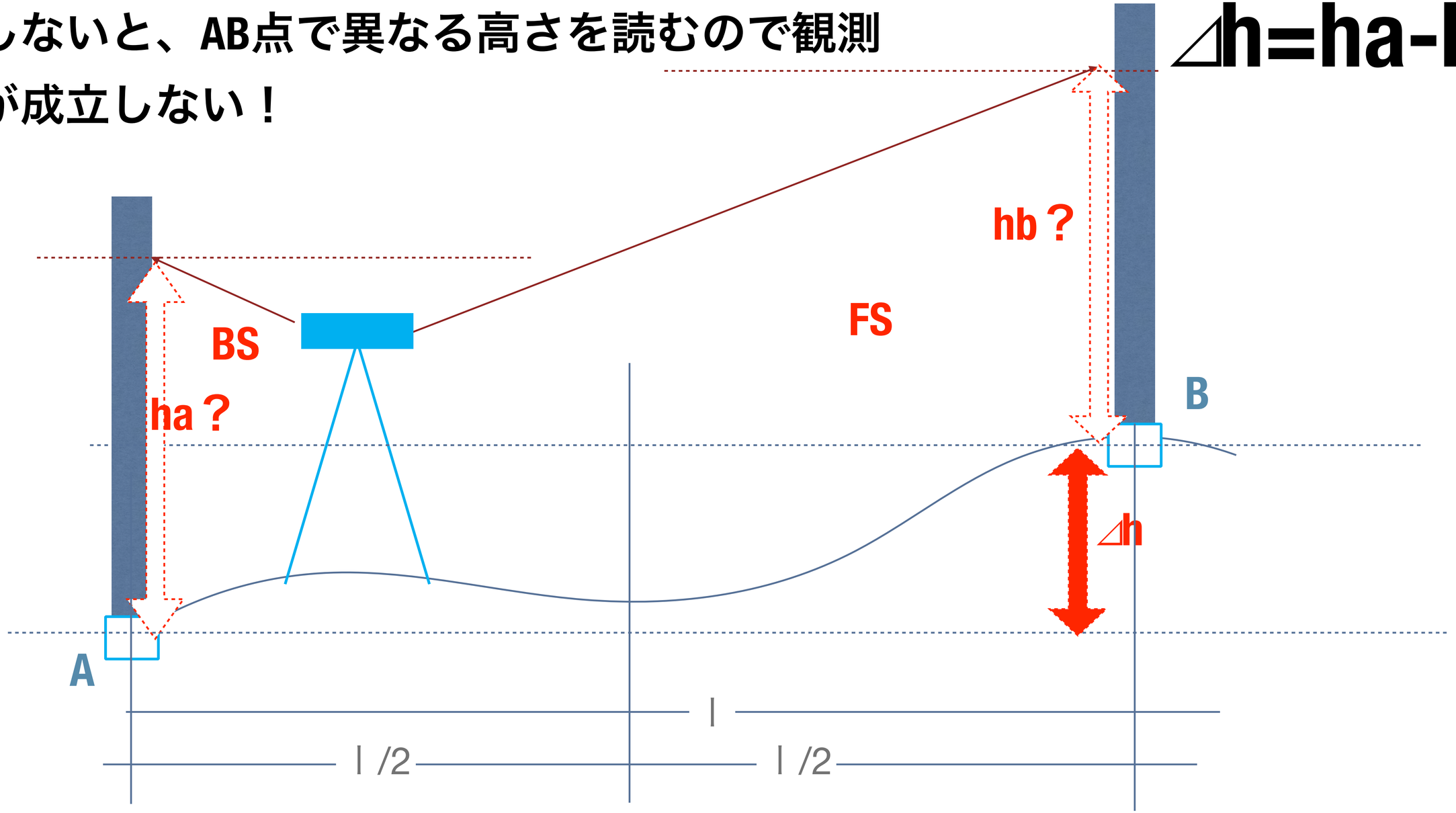
センターレベリングすると
視準線が傾いていても正しく測定できる！

$$\Delta h = ha - hb$$

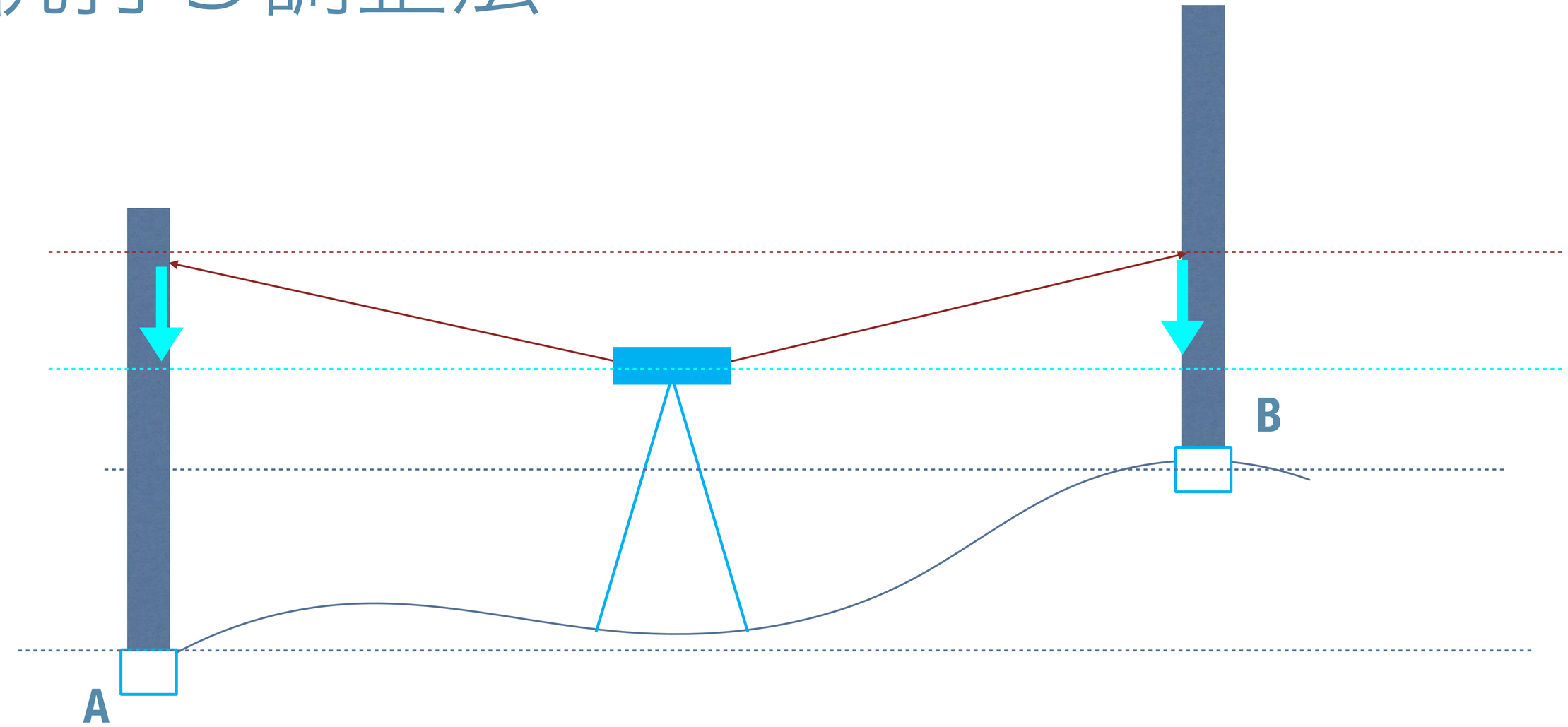


視準線が水平でないのにセンターレベリング
しないと、AB点で異なる高さを読むので観測
が成立しない！

$\Delta h = ha - hb$



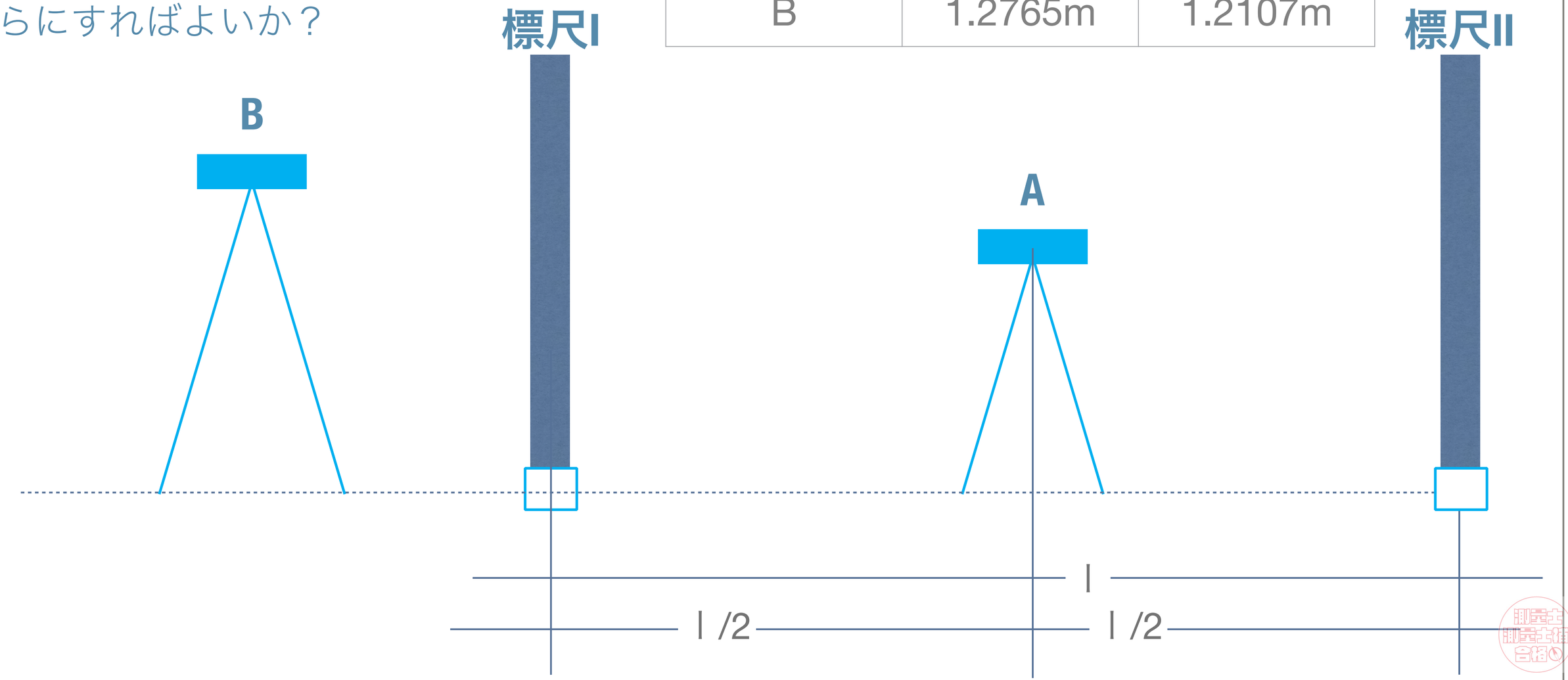
杭打ち調整法



例題

視準線を水平にするためにはBの位置における標尺IIの読みをいくらにすればよいか？

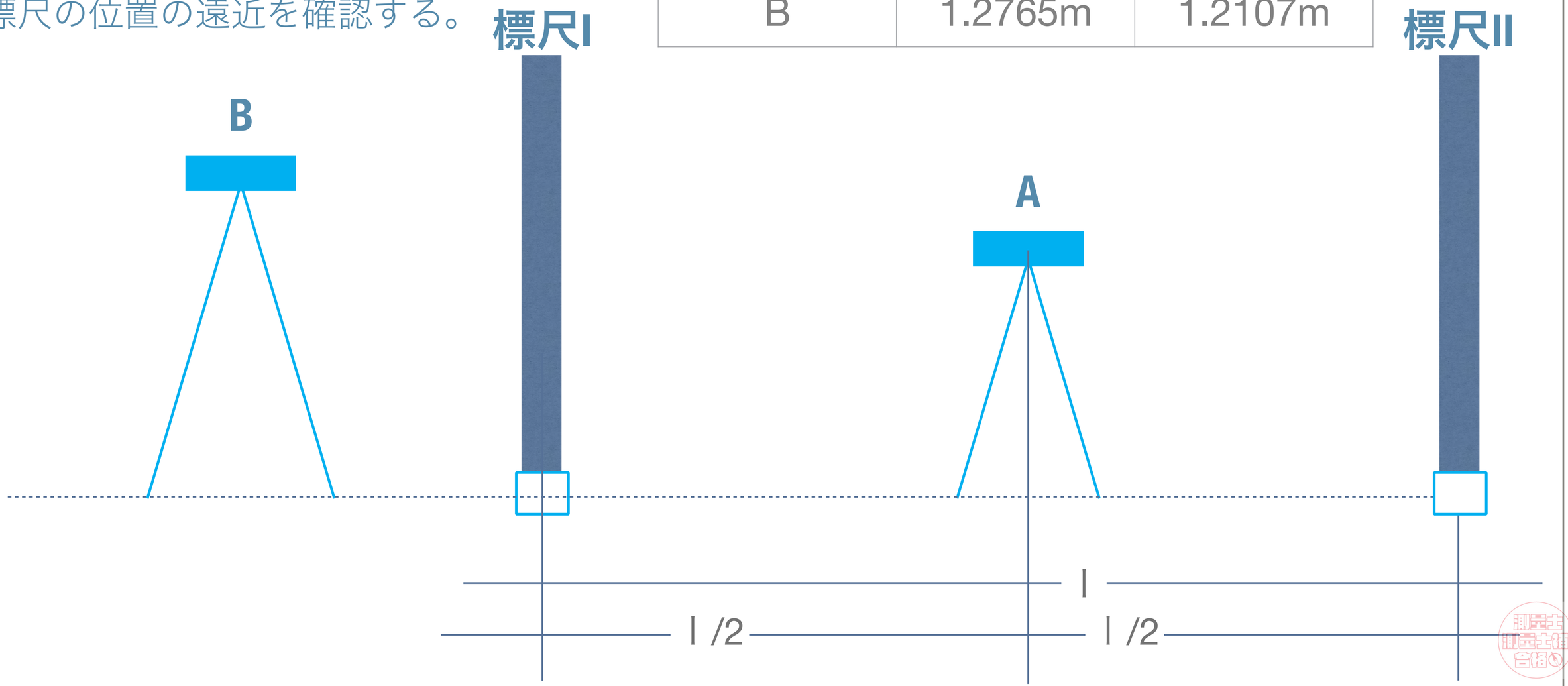
	標尺Iの読み	標尺IIの読み
A	1.1987m	1.1506m
B	1.2765m	1.2107m



例題

レベルが据え付けられた位置の正誤と誤のレベルの位置を基準にして標尺の位置の遠近を確認する。

	標尺Iの読み	標尺IIの読み
A	1.1987m	1.1506m
B	1.2765m	1.2107m



例題

		標尺Iの目盛	標尺IIの目盛
正	A	1.1987m	1.1506m
誤	B	1.2765m	1.2107m

近　遠

正誤それぞれのレベル位置で高低差を算出する。
この時必ず
「遠ー近」で計算する。

正　　-　　=(　　)

誤　　-　　=(　　)

例題

	標尺Iの目盛	標尺IIの目盛
A	1.1987m	1.1506m
B	1.2765m	1.2107m

近　遠　正　誤

正誤それぞれのレベル位置で算出した高低差の正から誤を引き、1.1をかける。

正

誤

例題

	標尺Iの読み（近）	標尺IIの読み（遠）
正 A	1.1987m	1.1506m
誤 B	1.2765m	1.2107m

誤の遠の標尺の読みに先ほど求めた値を補正する

答え　標尺IIの読みを1.23017mにする。

間違えやすいポイント

- プラスマイナスの符号のミス
- 1.1をかけ忘れるミス
- どちらからどちらを引くのかが違う

この問題では検算２回以上をおすすめします！

水準測量　5

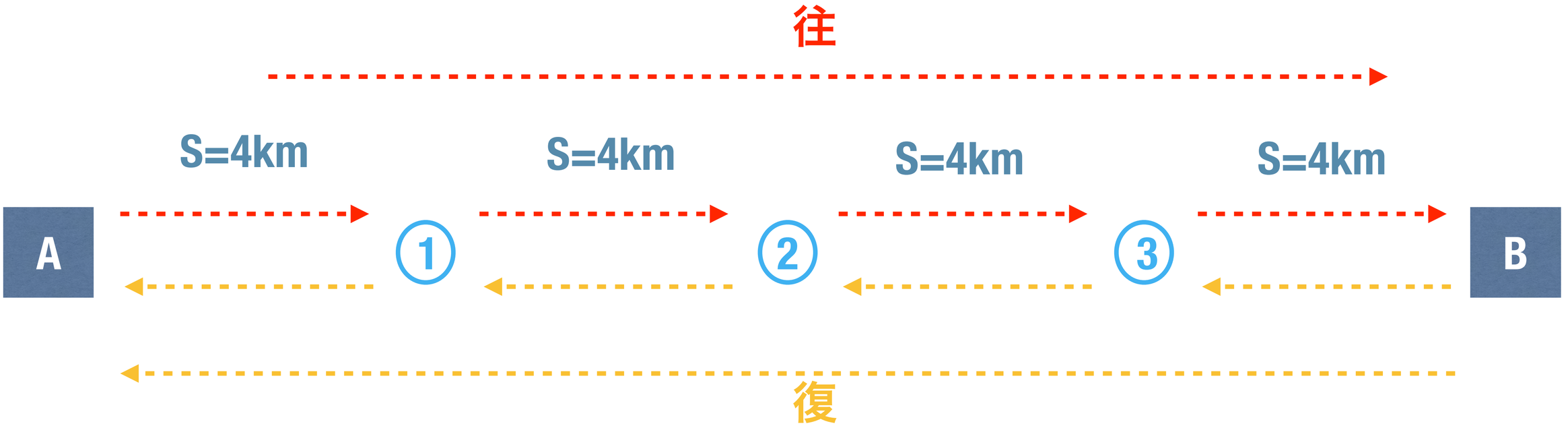
往復観測と再測区間（計算）

許容範囲　√

身につけたい知識

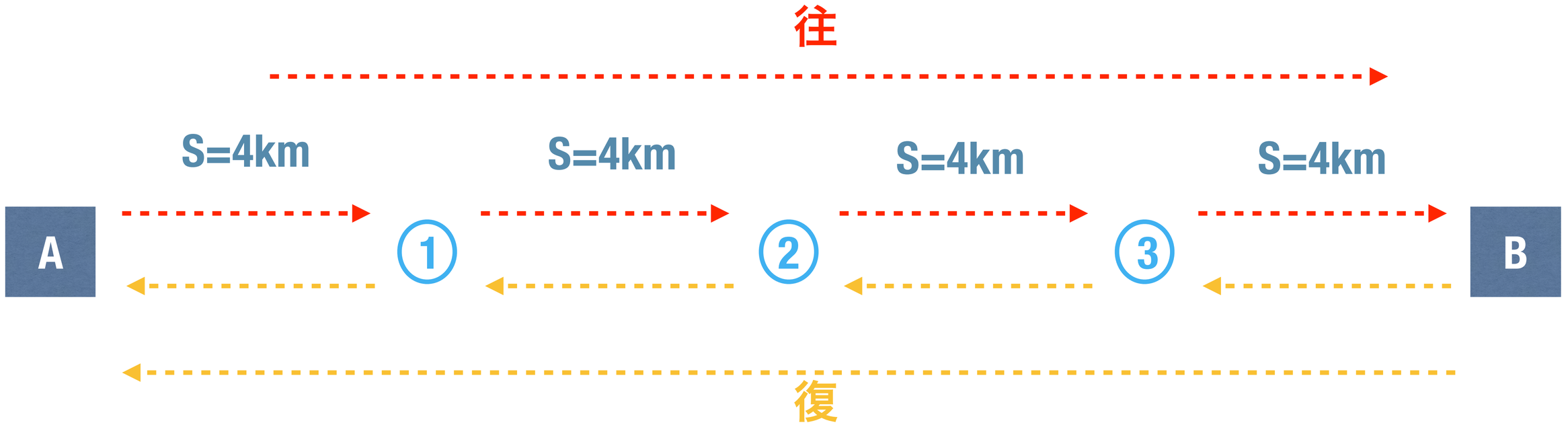
- 往復観測の較差が許容範囲内かどうかの判定
- 再測すべき区間の判定
- √　の基本

往復観測



水準点Aから水準点Bの標高を１～３の固定点を経由して求めた。この時、AからBに向かって観測を行った後、BからAに向かって観測し返す。これを往復観測という。

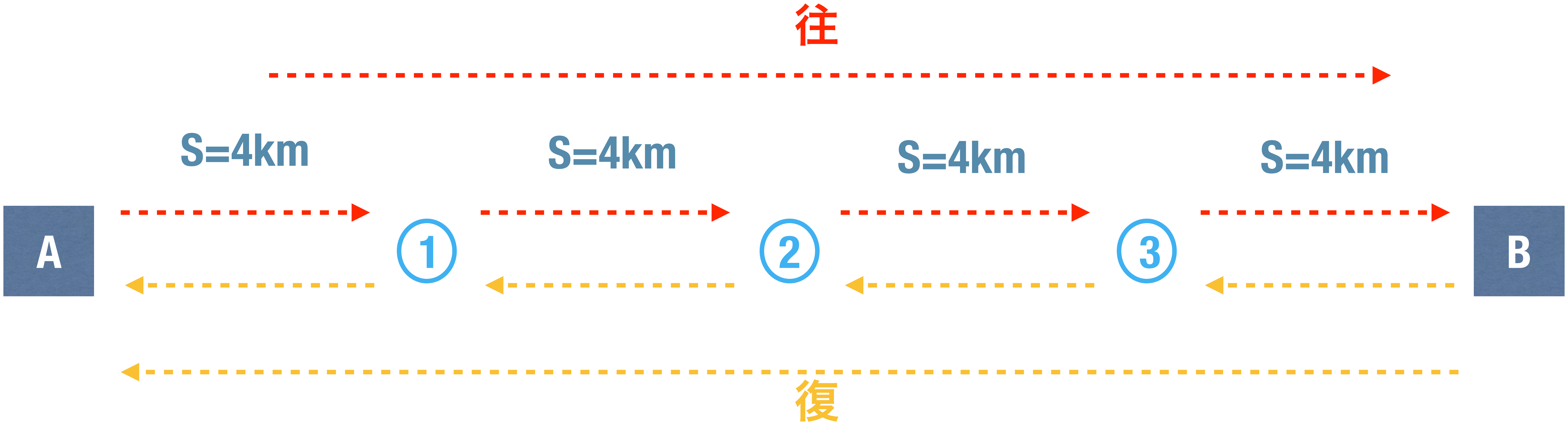
往復観測の許容範囲



一級水準では2.5mm√S

（問題文に表示あり）

往復観測の較差の判定



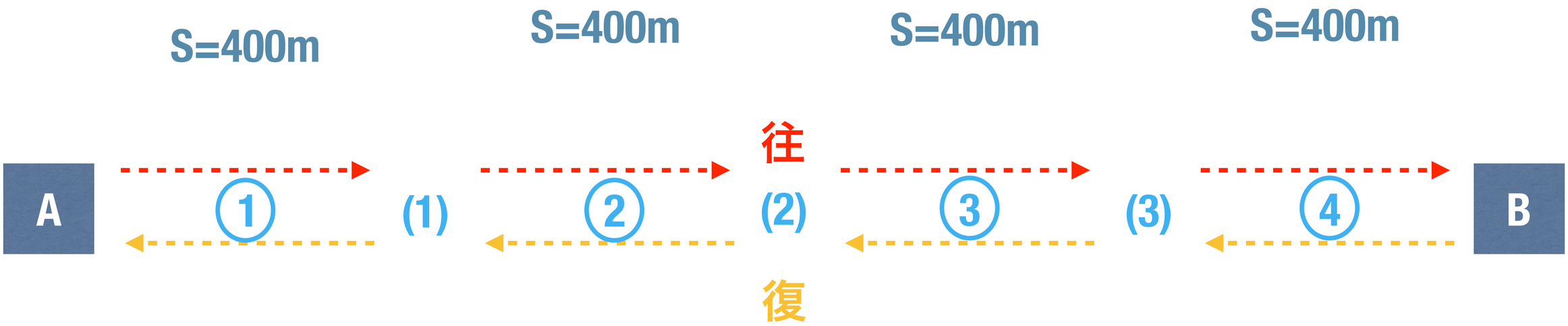
- 往と復の絶対値で比べる。
- ただし高低差０付近では異なる場合もあるので注意。
- ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
- ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

例題 再測すべき区間はどこか？ ただし，　片道の観測距離をSkmとするとき 往復観測値の較差の許容範囲は2.5mm√Sとする。

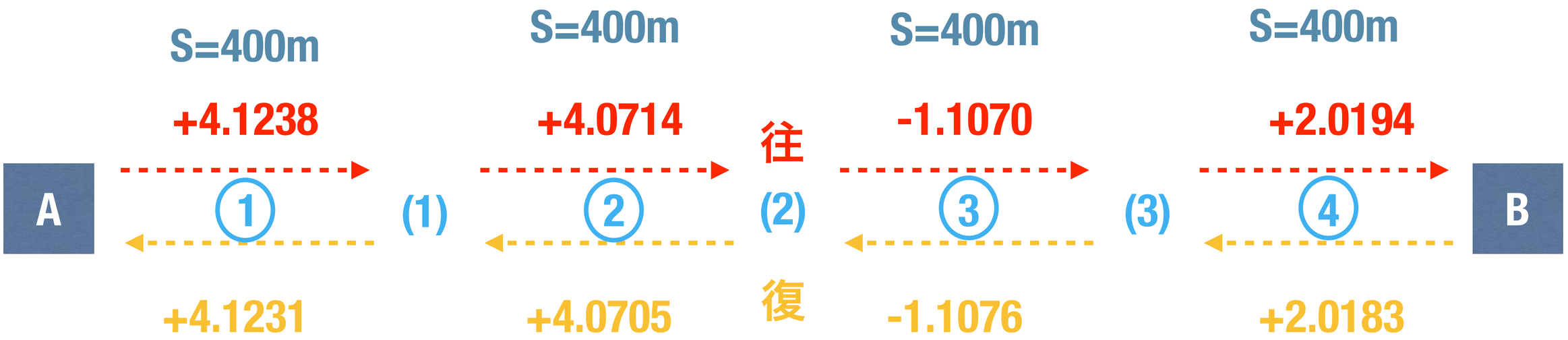
また、√0.4=0.63 √1.6=1.26 とする。

区間番号	観測区間	観測距離	往方向	復方向
①	A～(1)	400m	+4.1238	-4.1231
②	(1)～(2)	400m	+4.0714	-4.0705
③	(2)～(3)	400m	-1.1070	+1.1076
④	(3)～B	400m	+2.0194	-2.0183



・各区間と全体の往復観測の許容範囲を計算する。
・各区間ごとの往復の較差を計算する。
・全体の往復観測の許容範囲を計算する。
・絶対値の差が許容範囲をオーバーしていればその区間が再測。
・すべての区間が許容範囲内でも全体（AからB）がオーバーしていれば較差の一番大きい区間を再測。

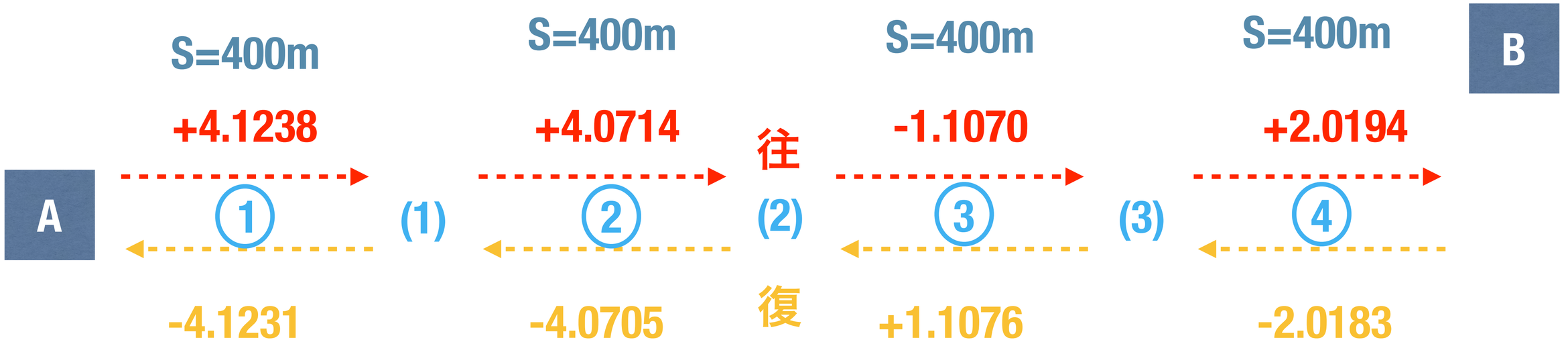
・各区間と全体の往復観測の許容範囲を計算する。



・各区間

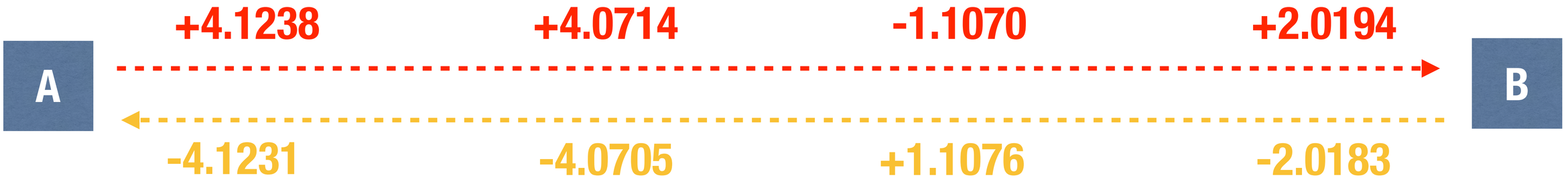
・全体

・各区間ごとの往復の較差を計算する。



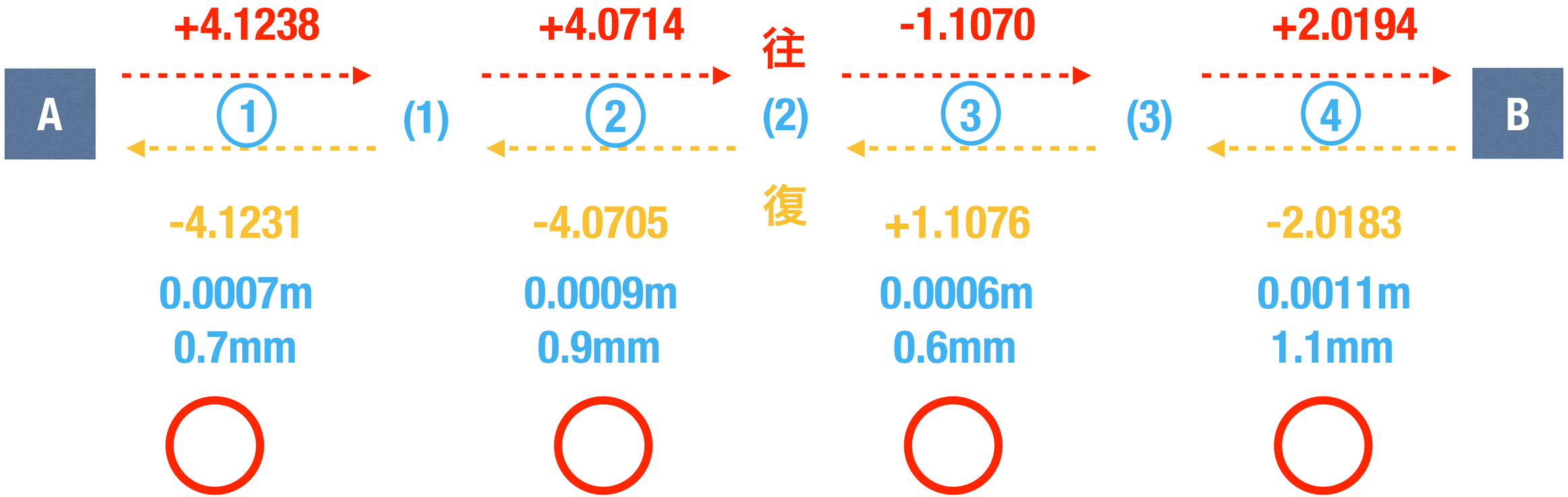
各区間の較差の許容範囲　**1.575mm**

・全体の往復の較差を計算する。



全体の較差＿＿＿＿＿＿mm

全体の較差の許容範囲＿＿＿＿＿＿＿＿mm


+4.1238
+4.0714
往
-1.1070
+2.0194
A
①
(1)
②
(2)
③
(3)
④
B
復
-4.1231
-4.0705
+1.1076
-2.0183
0.0007m
0.7mm
0.0009m
0.9mm
0.0006m
0.6mm
0.0011m
1.1mm

全体の較差＿＿＿＿＿＿＿mm

答え

水準測量　6

標尺補正

膨張係数　標尺改正数

身につけたい知識

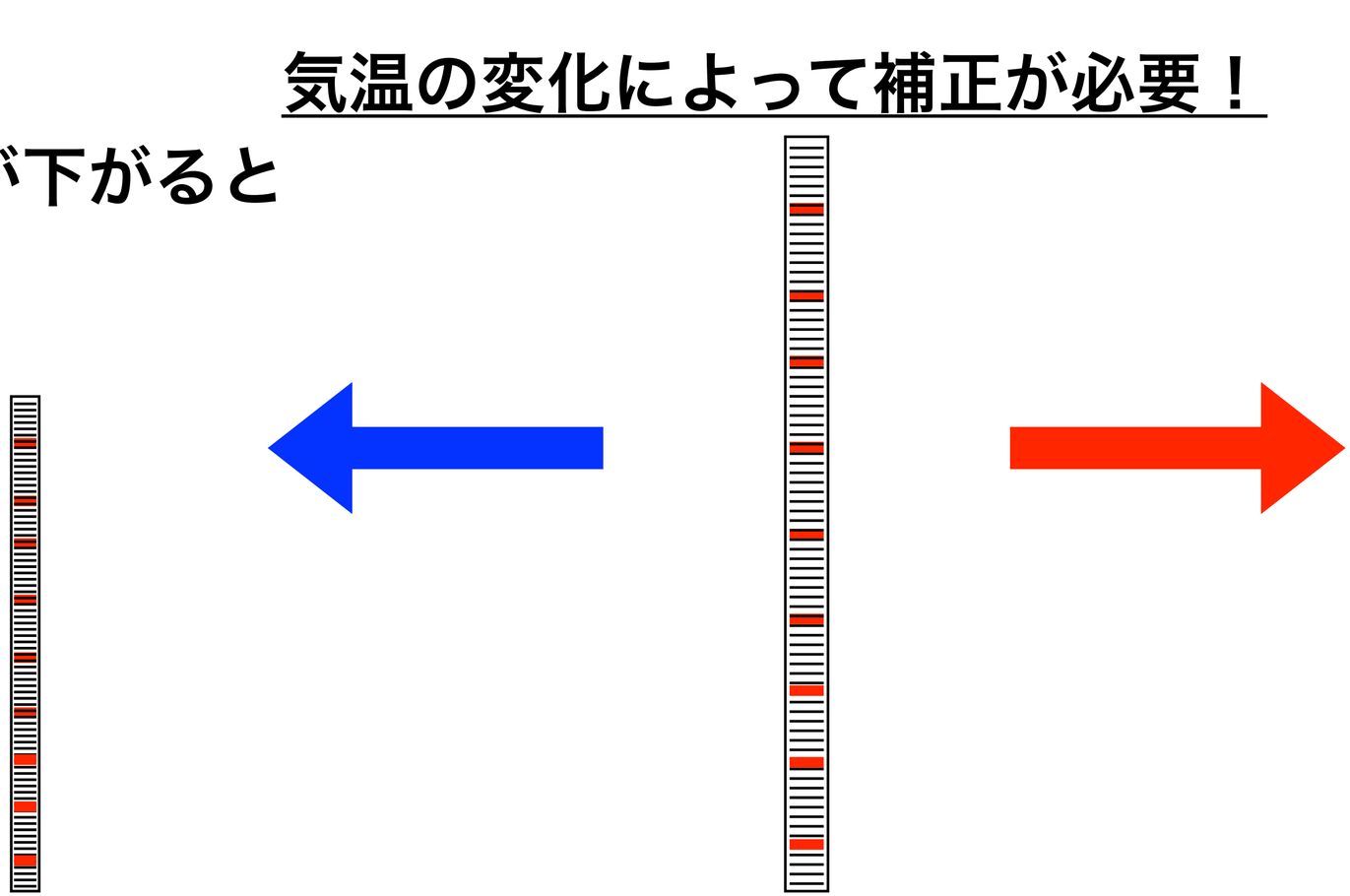
- 標尺補正の方法
- 公式の成り立ち

標尺の膨張係数

気温が上がると

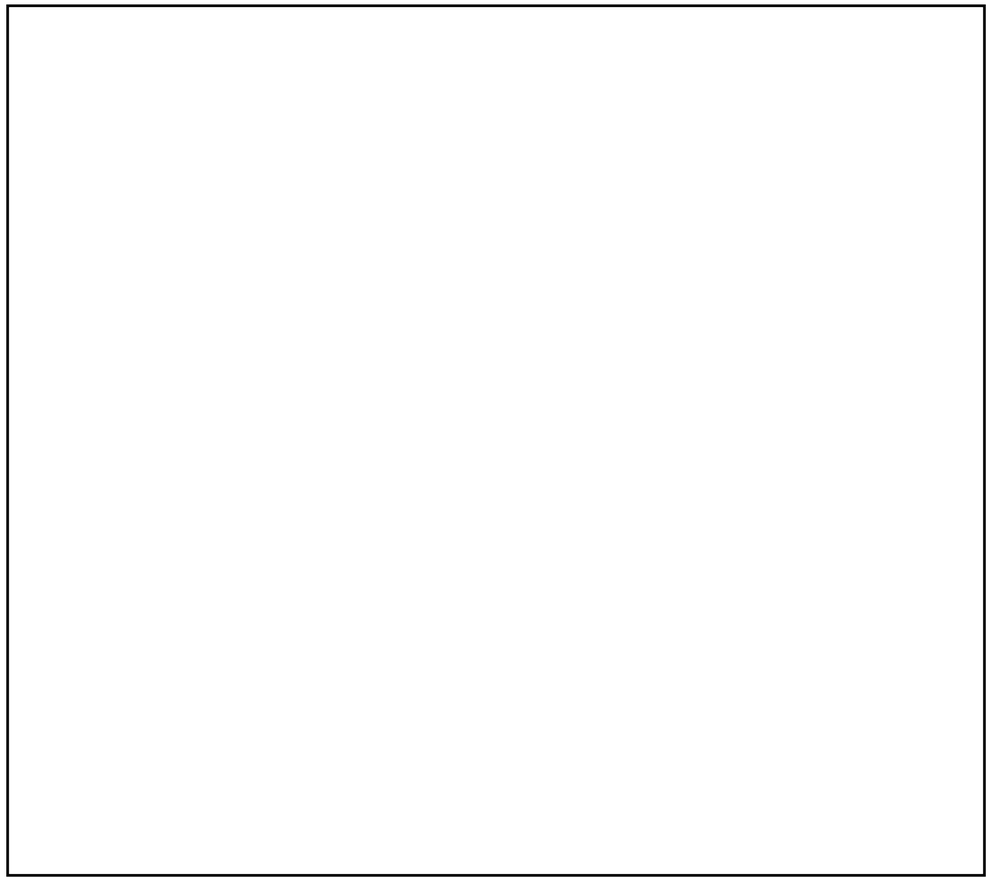
気温の変化によって補正が必要！

気温が下がると

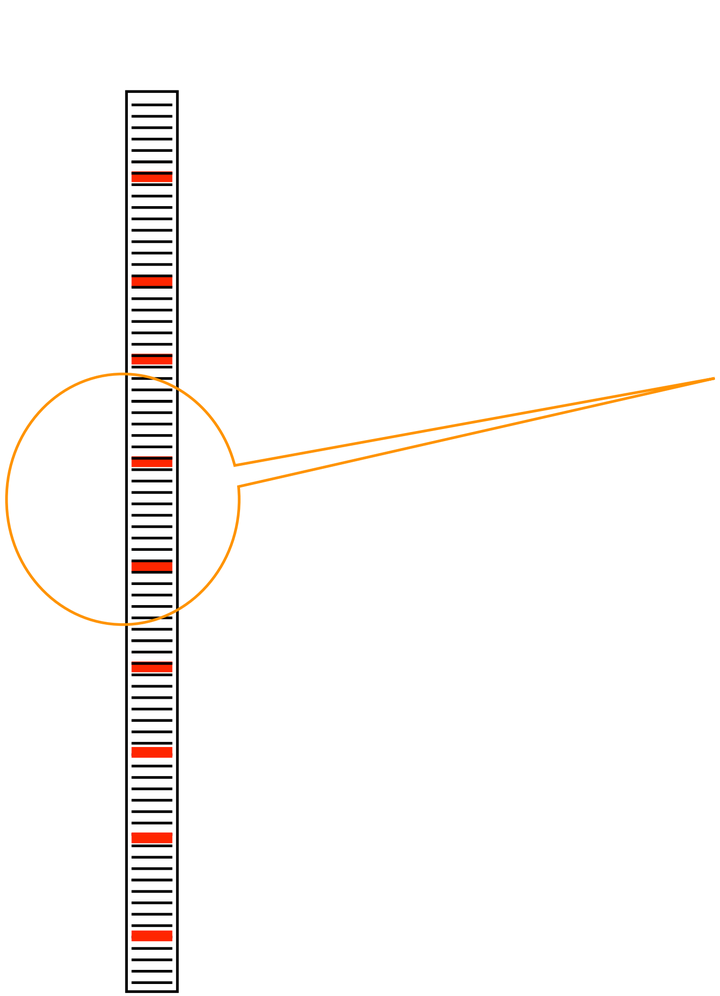


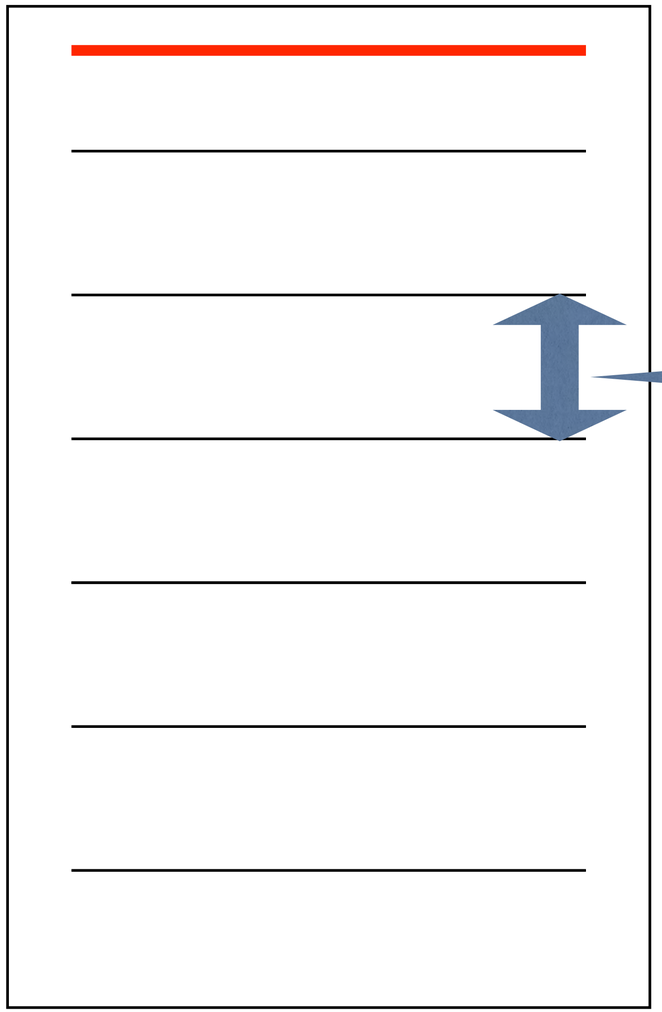
標尺の膨張係数

気温の変化によって補正が必要！



標尺改正数

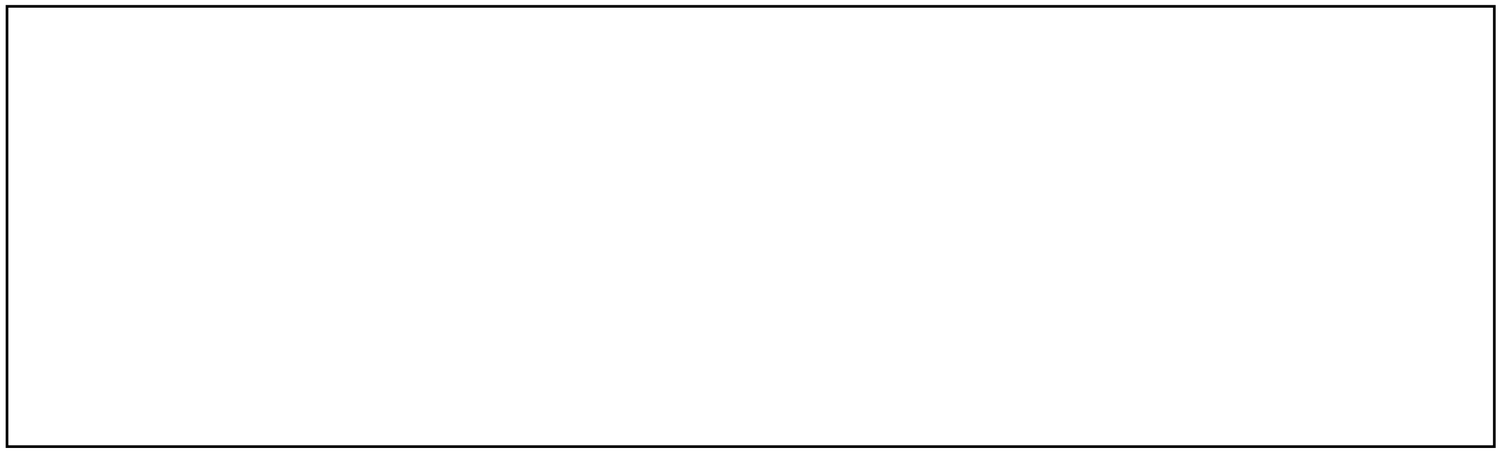




この幅が製造時に基準温度でも正しくない。これを補正するのが標尺改正数。
標尺固有の値。

標尺改正数

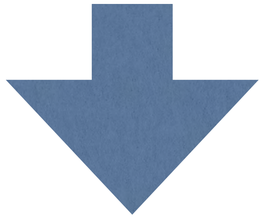
高低差によって補正が必要！



標尺の膨張係数と標尺改正数を合わせると

$$\Delta C=(T-To)\times\alpha\times\Delta h$$

$$\Delta C=Co\times\Delta h$$



⊿C：補正値［m］

Co：基準温度の標尺改正数

To：基準温度［°C］

T：観測時の温度［°C］

α：膨張係数

⊿h：高低差［m］

例題

公共測量により水準点AからBまでの間で1級水準測量を実施し、表に示す結果を得た。標尺補正を行った後の水準点A. B 間の高低差はいくらか？

ただし、観測に使用した標尺の標尺改正数は20°Cにおいて-6.60μm/m、膨張係数は0.6×10^{-6}/°Cとする。

観測路線	観測距離	高低差	気温
A→B	2.151km	-14.6824m	6.0°C

先ほどの式を使うと

$$\Delta C = \{Co+(T-To)\times\alpha\} \times \Delta h$$

⊿C：補正値［m］

Co：基準温度の標尺改正数= -6.60μm/m

To：基準温度［°C］=20°C

T：観測時の温度［°C］=6.0°C

α：膨張係数=0.6 ×10^{-6}/°C

⊿h：高低差［m］=-14.6824m

μmの処理

Co：基準温度の標尺改正数= -6.60μm/m

μm=＿＿＿＿＿＿＿＿という意味です。

なので

-6.60μm/m=-6.60×10^{-6}m/m

数値を入れて、、、

$$\Delta C = \{Co + (T - To) \times \alpha\} \times \Delta h$$

⊿C：補正値［m］	Co：基準温度の標尺改正数= -6.60×10^{-6}m/m	To：基準温度［°C］=20°C
T：観測時の温度［°C］=6.0°C	α：膨張係数=0.6×10^{-6}/°C	⊿h：高低差［m］=-14.6824m

続き

$$\triangle C= \{-15\times10^{-6}\} \times(-14.6824)$$

$$\triangle C=-15\times10^{-6}\times(-14.6824)$$

$$\triangle C=10^{-6}\times220.326$$

10^{-6} なので

0.000220.326

6 5 4 3 2 1

$$\triangle C=0.000220326$$

続き

$$\Delta C = 0.000220326$$

正しい高低差　$\Delta H = \Delta h + \Delta C$

間違えやすいポイント

・プラスマイナスの符号のミス

・桁取りのミス

・公式のTとToを逆にするミス

ミスで得る答えの選択肢が用意されています！

この問題では検算２回以上をおすすめします！

地形測量　1

地形測量の現地作業

（数値）地形測量の現地作業とは？

TS、GNSSを利用し地形（等高線）地物（地形図表現対象物）の位置、図形を表す座標タ及びその内容を表す属性データ等をデジタル形式で測定• 取得し、[＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿]と地形図原図を作成する作業のこと。

準則

第2章

第1節

83条

TS、GNSSが発達する前は平板で行っていました。アリダードで直接上に書くあれです。

地形測量で使用する基準点・縮尺

[＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿]、簡易水準点又はこれと同等以上の精度を有する基準点に基づいて実施する。
（高い精度はいらないという意味）

数値地形図データの地図情報レベルは、原則として[＿＿＿＿＿＿]以下とし[＿＿＿＿]、[＿＿＿＿]及び[＿＿＿＿＿＿]を標準とする。

準則
第2章
第1節
84・85条

地図情報レベル1000は従来からの紙ベースの1／1000地形図と同精度の情報という意味。

地形測量の作業順序

準則

第2章

第1節

86条

地形測量の意味が図面を描くことから、データを集めることに変化しています。

地形測量の方式

[　　]
ノートパソコン等の図形処理機能を用いて、図形表示しながら計測及び編集を現地で直接行う方式（電子平板方式を含む）

[　　]
現地でデータ取得だけを行い、その後取り込んだデータコレクタ内のデータを図形編集装置に入力し、図形処理を行う方式

準則
第2章
第1節
90条3

オンラインだとその場で取れている点がわかるので、観測漏れが減りますね。

TS点設置　地形･地物の状況により設置する一時的な基準点

TSによる方法

4級基準点測量の規定を準用し、[　　]で行う。

キネマティックまたはRTKによる方法

観測は、[　　]行うものとする。[　　]の観測値を採用値とし、観測終了後に[　　]をして、２セット目の観測を行い、２セット目を点検値とする。[　　]で行う。

・FIX解から１０エポック以上観測

・衛星は5衛星以上（GLONASS利用の場合６衛星）

準則　第2章　第4節　92・93条

TS点設置　地形･地物の状況により設置する一時的な基準点

ネットワーク方RTKによる方法

観測は、[　　]行うものとする。[　　]目の観測値を採用値とし、観測終了後に[　　]をして、２セット目の観測を行い、２セット目を点検値とする。

[　　]又は[　　]で行う。

・FIX解から１０エポック以上観測

・衛星は5衛星以上（GLONASS利用の場合６衛星）

・整合の確認は作業地域を囲む３つ以上の既知点で行う。

準則　第2章　第4節　94条

TSによる地形・地物の測定

・基準点またはTS点に器械を据え付け[　　]により行う。
・編集時に必要となる[　　]のほか、取得したデータの結線のため[　　]等を入力しておく。
・測定した座標値等には、その属性を表すために原則として、定められた[　　]を付す。

準則
第2章
第1節
95 96条

放射法で点を取り、その点に情報（分類コード）を与えていく作業になります。

キネマティック又はRTKによる地形・地物の測定

・基準点またはGNSS測量機を据え付け[　　]により行う。
・FIX解から１０エポック以上観測
・衛星は5衛星以上（GLONASS利用の場合６衛星）
・編集時に必要となる[　　]のほか、取得したデータの結線のための情報等を入力しておく。
・測定した座標値等には、その属性を表すために原則として、定められた[　　]を付す。
・標高は、国土地理院が提供するジオイド・モデルより求めたジオイド高を用いて、[　　]を補正する。

準則　第2章　第1節　97条

ネットワーク型RTKによる地形・地物の測定

・[＿＿＿＿＿＿]法又は[＿＿＿＿＿＿]法法により行う。
・FIX解から１０エポック以上観測
・衛星は5衛星以上（GLONASS利用の場合６衛星）
・編集時に必要となる地名、建物等の名称のほか、取得したデータの結線のための情報等を入力しておく。
・測定した座標値等には、その属性を表すために原則として、定められた分類コードを付す。
・標高は、国土地理院が提供するジオイド・モデルより求めたジオイド高を用いて、楕円体高を補正する。

準則　第2章　第1節　98条

数値編集の点検

・編集済データはスクリーン[　　]を用いて点検を行う。
・編集済データの出力図は自動製図機等による[　　]を用いて行うものとする。
・編集済データの論理的矛盾等の点検は、[　　]等により行う。

準則
第2章
第1節
99 100条

データの論理的矛盾点は人力では無理そうですね。

地形測量　2

DTM

数値地形モデル

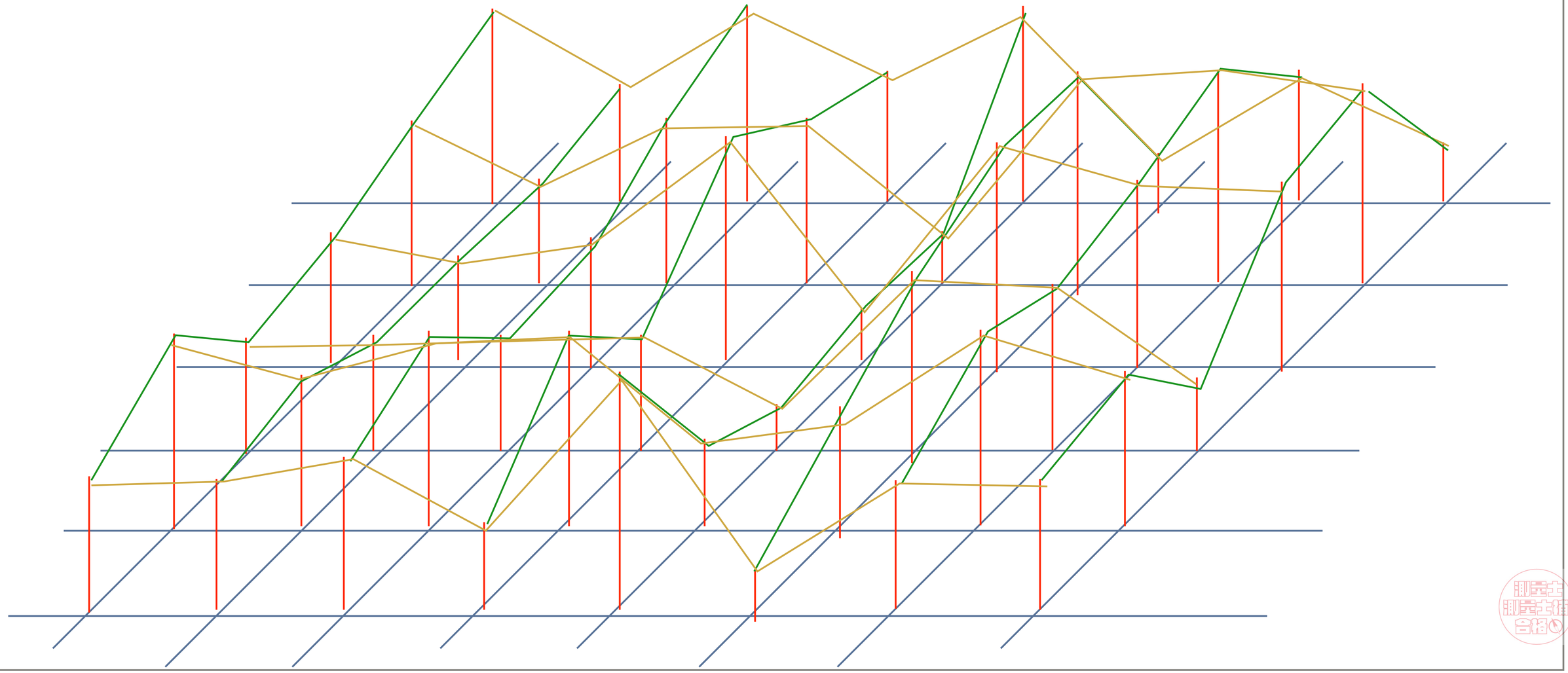
この学習で身につけたいこと

DTMの概要

DSMとDTMの違い

DTM（数値地形モデル）

地表面で[＿＿＿＿]に点を取り、標高等の情報を記録したもの

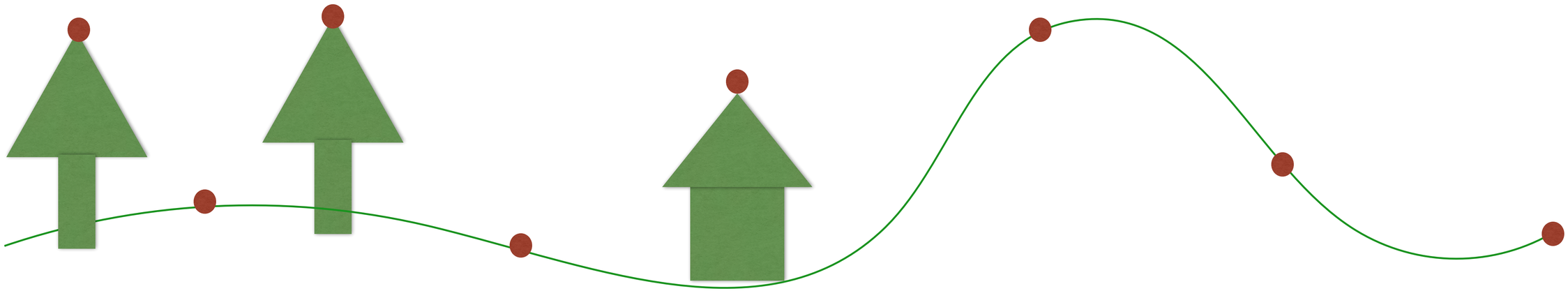


DTMの特徴

1. DTMから地形の[　　]を作成することができる。
2. DTMを用いて[　　]範囲などのシミュレー ションを行うことができる。
3. DTMの格子間隔が[　　]なるほど詳細な地形を表現できる。
4. DTMは[　　]から作成することができ、等高線データからもDTMを作成する ことができる。
5. DTMを使って数値空中写真を[　　]し，正射投影画像を作成することができる。

[　　]数値表層モデル）

地物の表層で格子状に点を取り、木や建物の情報を記録したもの。地物がなければ地表をとる。



リモートセンシングや[　　]情報を取得する。

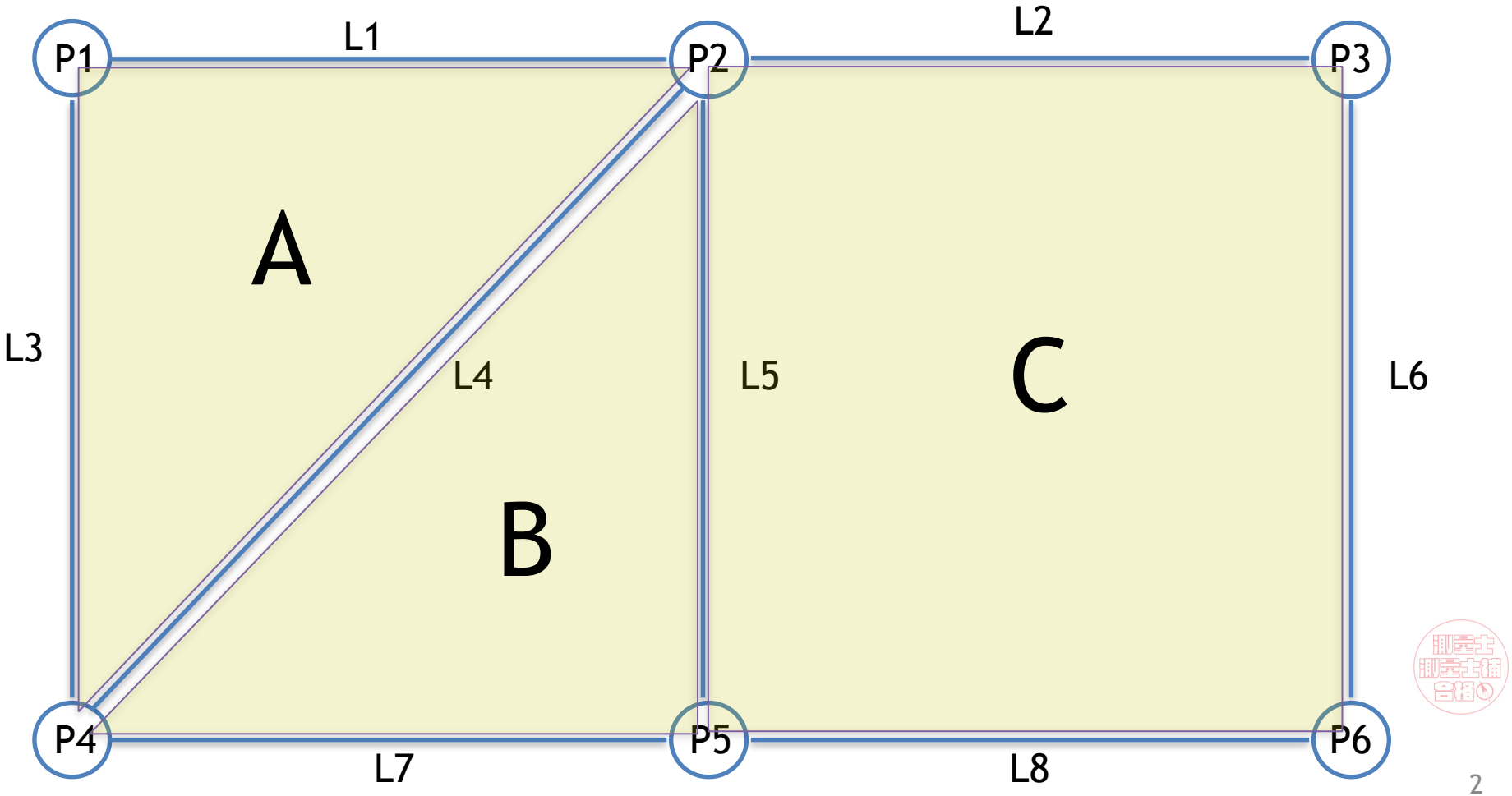
地形測量　3

街区と道路中心線

（GISのベクターデータ）

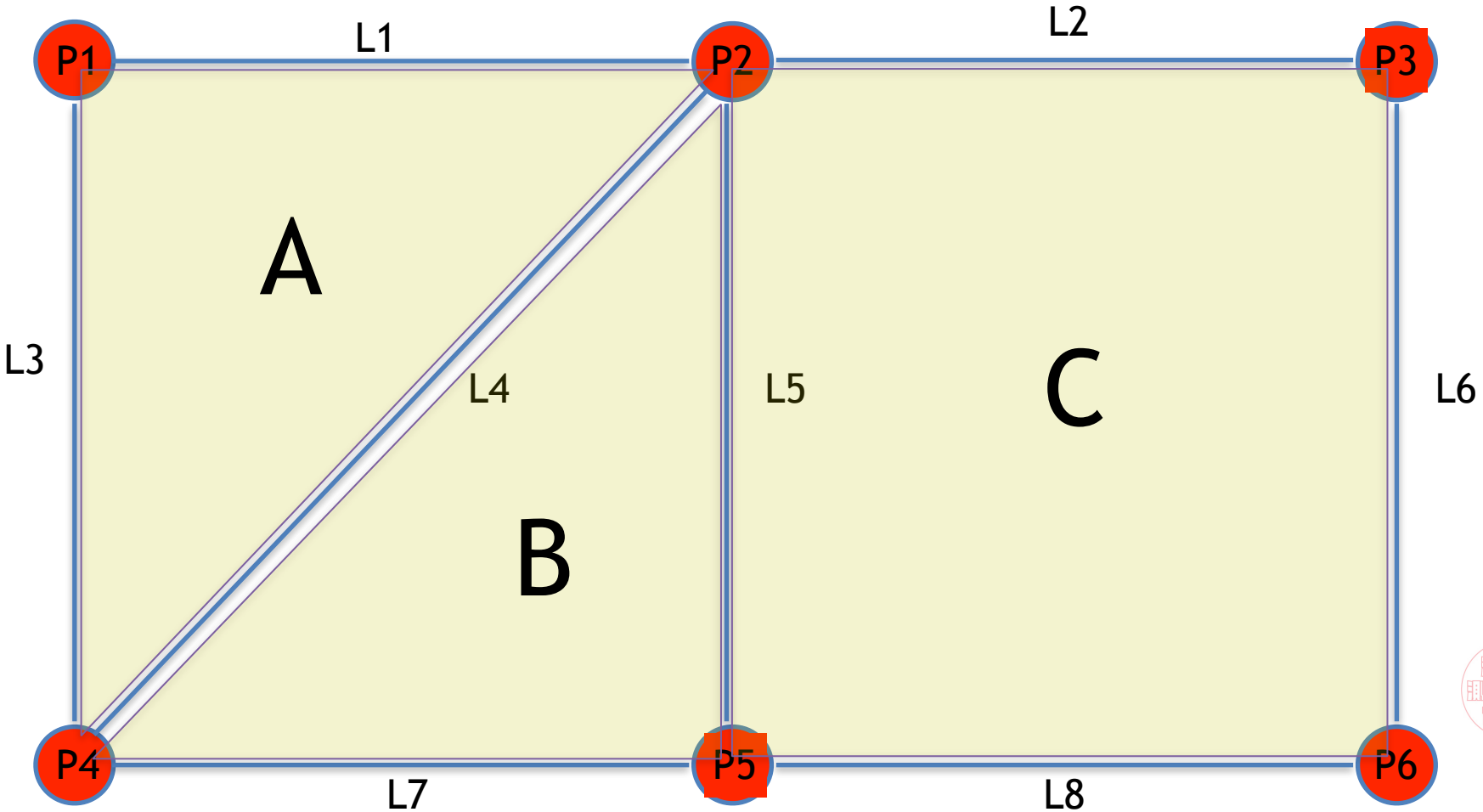
ベクターデータとは？

地物や点の位置関係と形状を[　　]で表したもの



点（P1～P6）

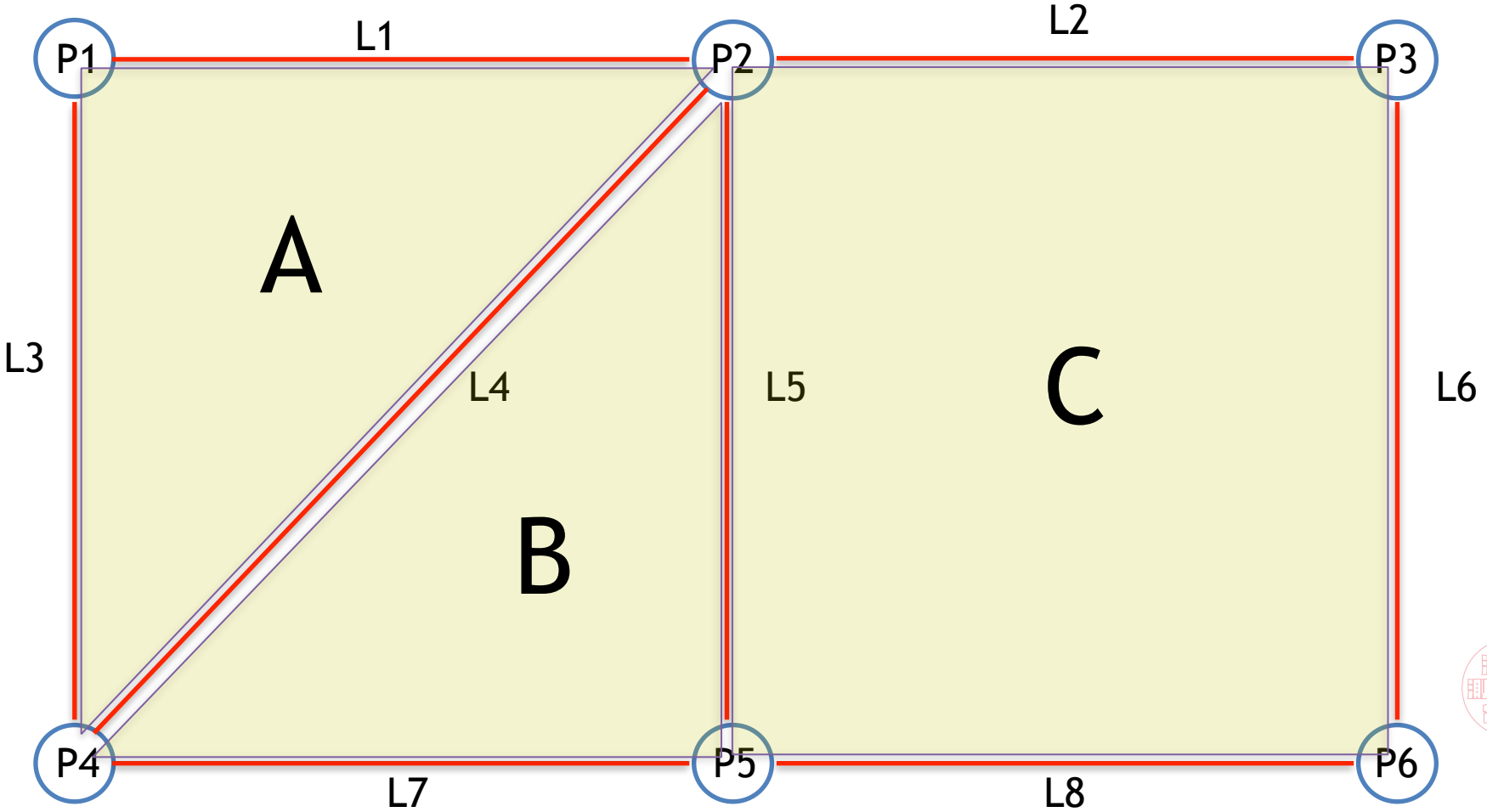
位置座標が与えられる



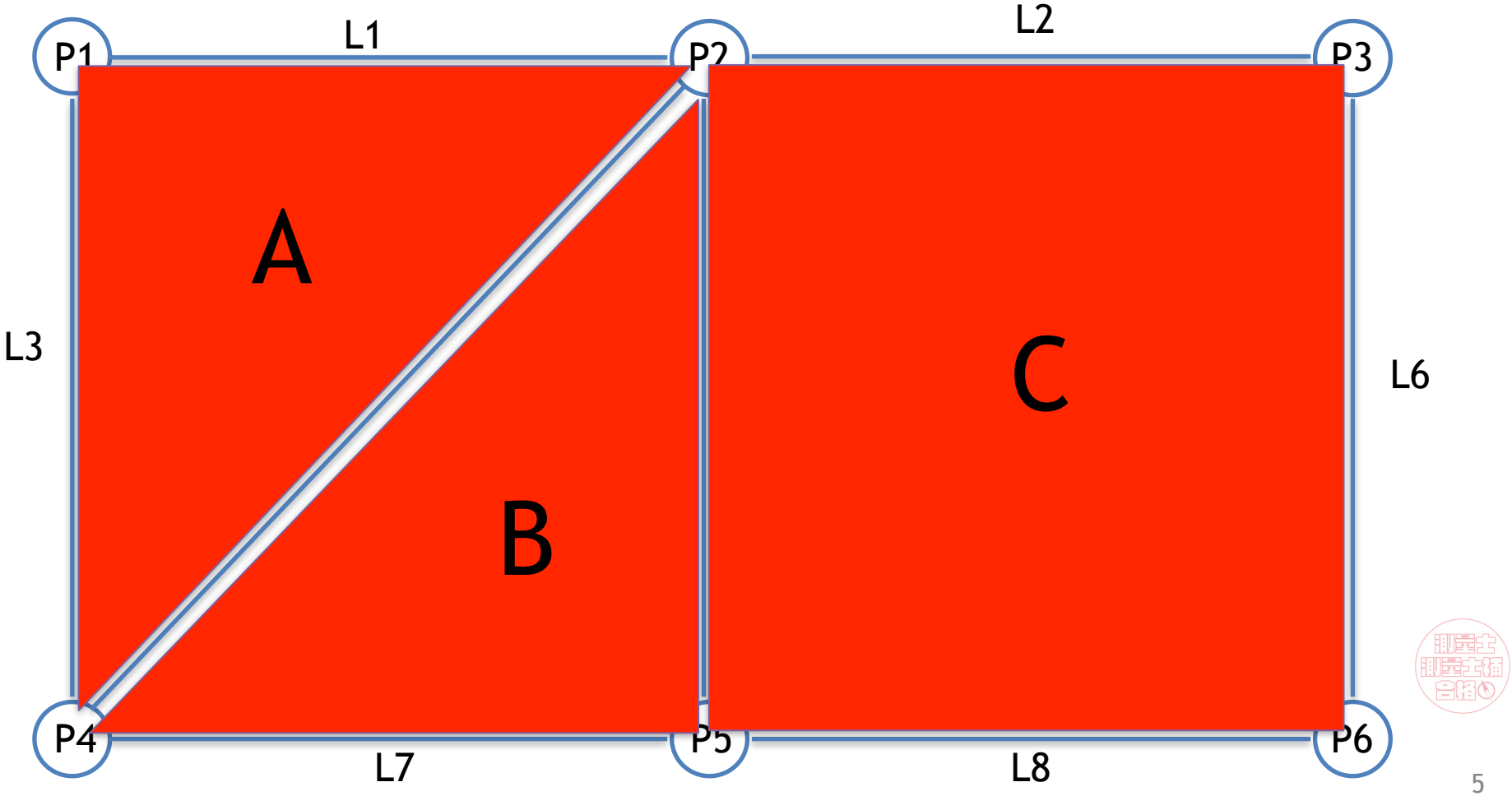
線（L1～L8）

両端の点で定義され、始点と終点がある。

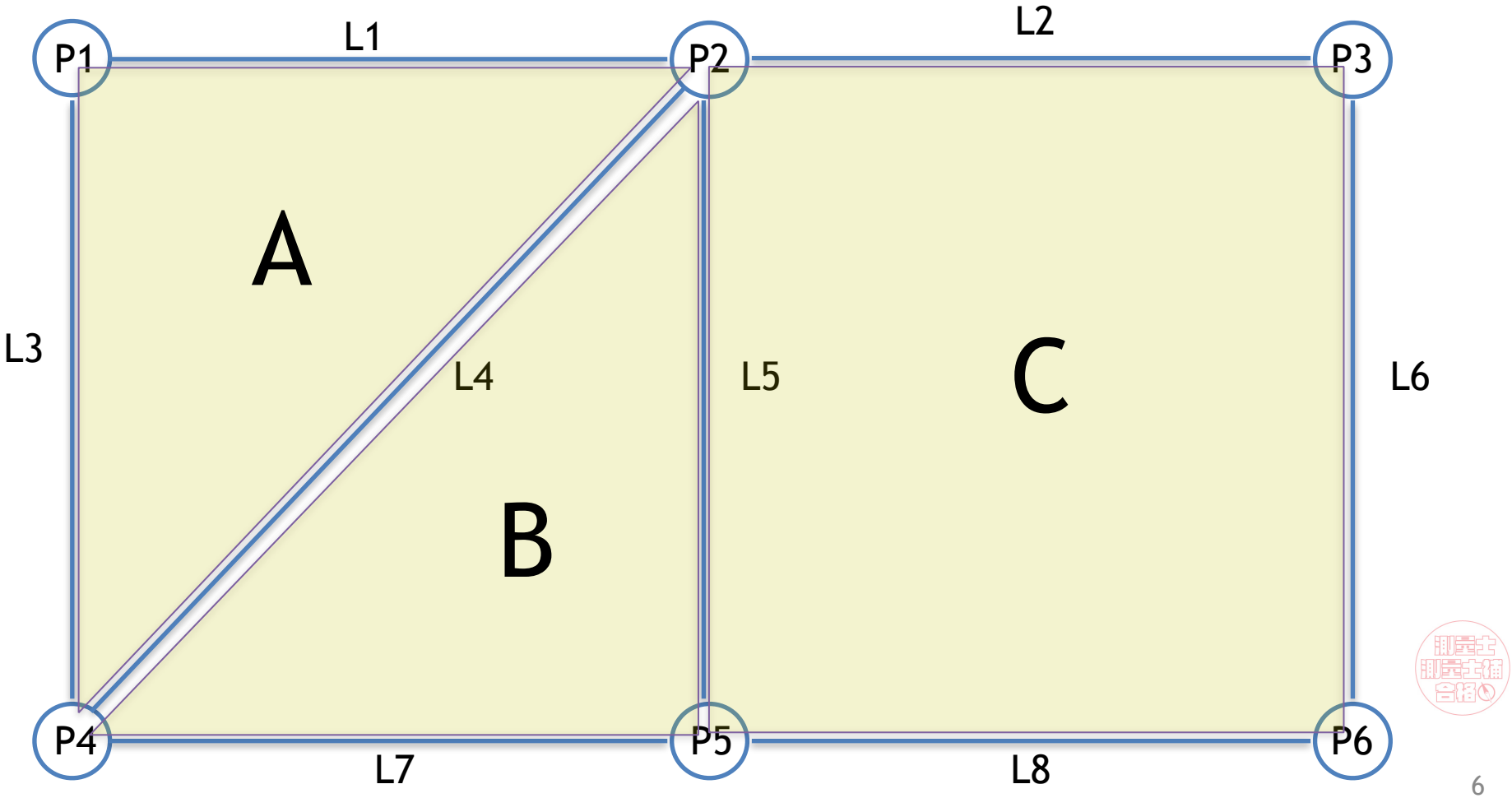
L1の始点がP1終点がP2とすると先の向きは→のようになる。



面（A・B・C）
線の組み合わせで定義され、方向がある。
構成する線に方向があり、試験問題では時計回りをプラスにすることが多い。



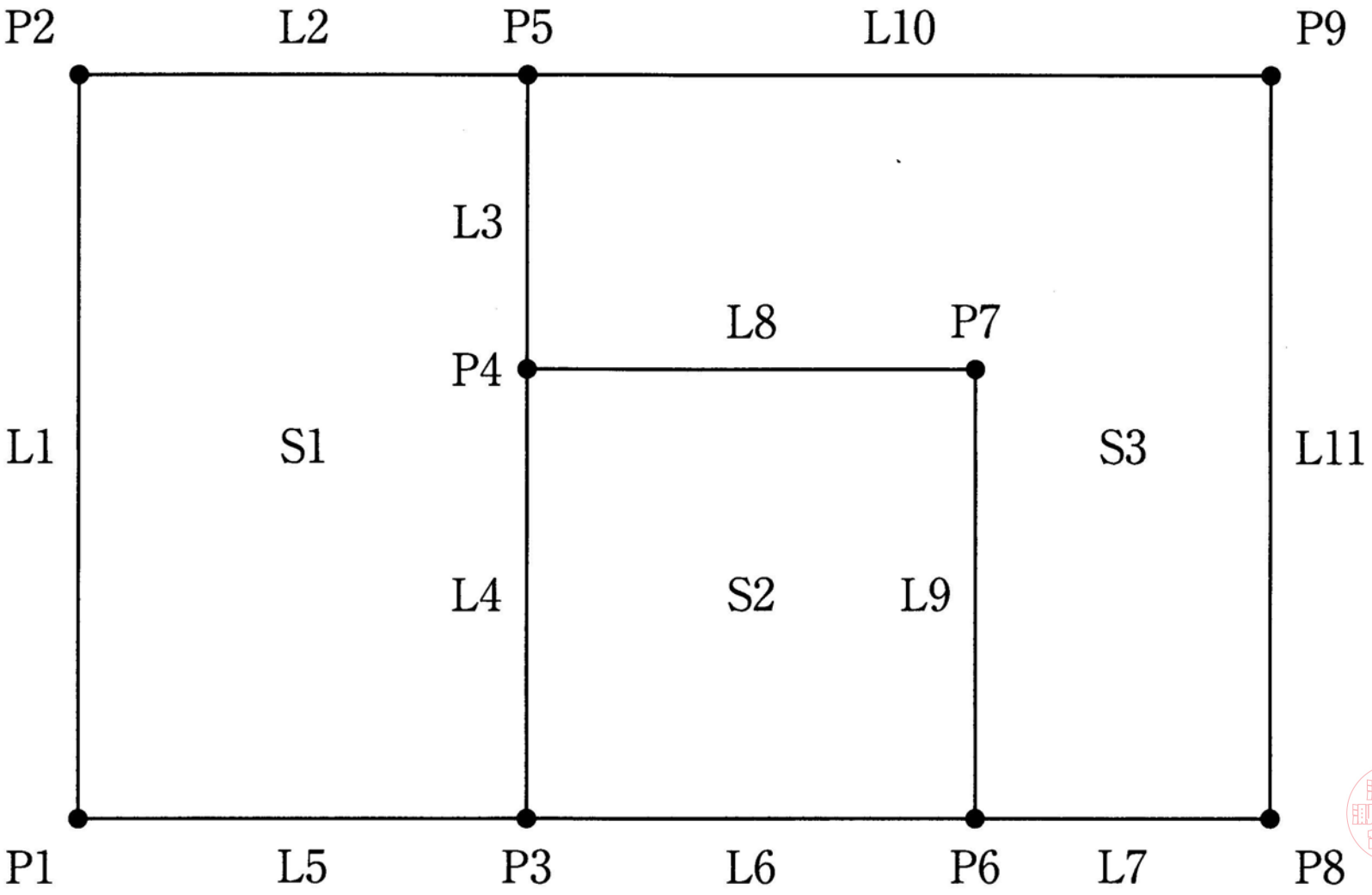
例えば点を交差点、線を道路の中心線、面を一筆の土地（街区）のように表現する。



例題

図はある地域の街区について数値化された道路中心線を模式的に示したものである。 この図においてP1-P9は交差点、L1-L11は道路中心線、S1−S3は道路中心線L1-L11で構成された街区面を表したものである。
また表1は, 道路中心線L1-L11の始点及び終点をP1-P9で表したものであり表2は、街区面S1−S3を構成する道路中心線L1-L11とその方向を表したものである。 ここで、街区面を構成する道路中心線の方向は、面の内側から見て時計回りの方向を＋、その反対の方向を ーとする。表のア～ウ に入る記号を答えよ。

例題



図

例題

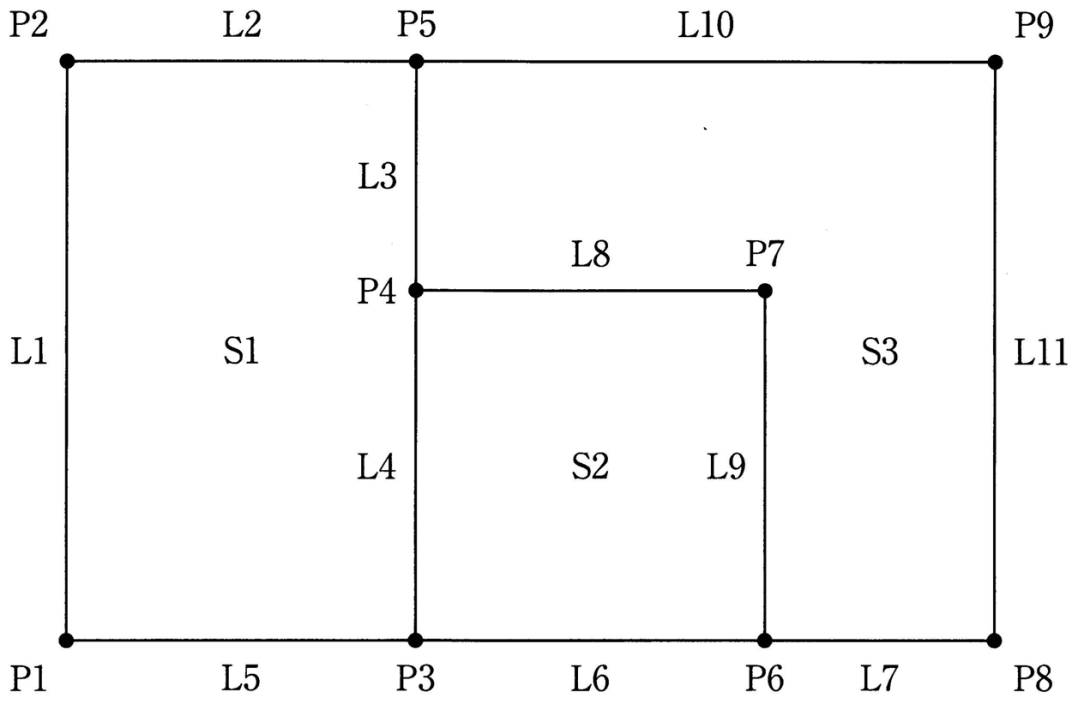
表1

道路中心線	始点	終点
L1	P1	P2
L2	P2	P5
L3	P4	P5
L4	P3	P4
L5	P1	P3
L6	P3	P6
L7	P8	P6
L8	P4	P7
L9	P6	P7
L10	P5	P9
L11	P8	P9

表2

街区面	道路中心線	方向
S1	L1	+
	L2	+
	L3	ア
	L4	−
	L5	−
S2	L4	+
	L6	−
	L8	+
	L9	−
S3	L3	イ
	ウ	+
	L8	−
	L9	+
	L10	+
	L11	−

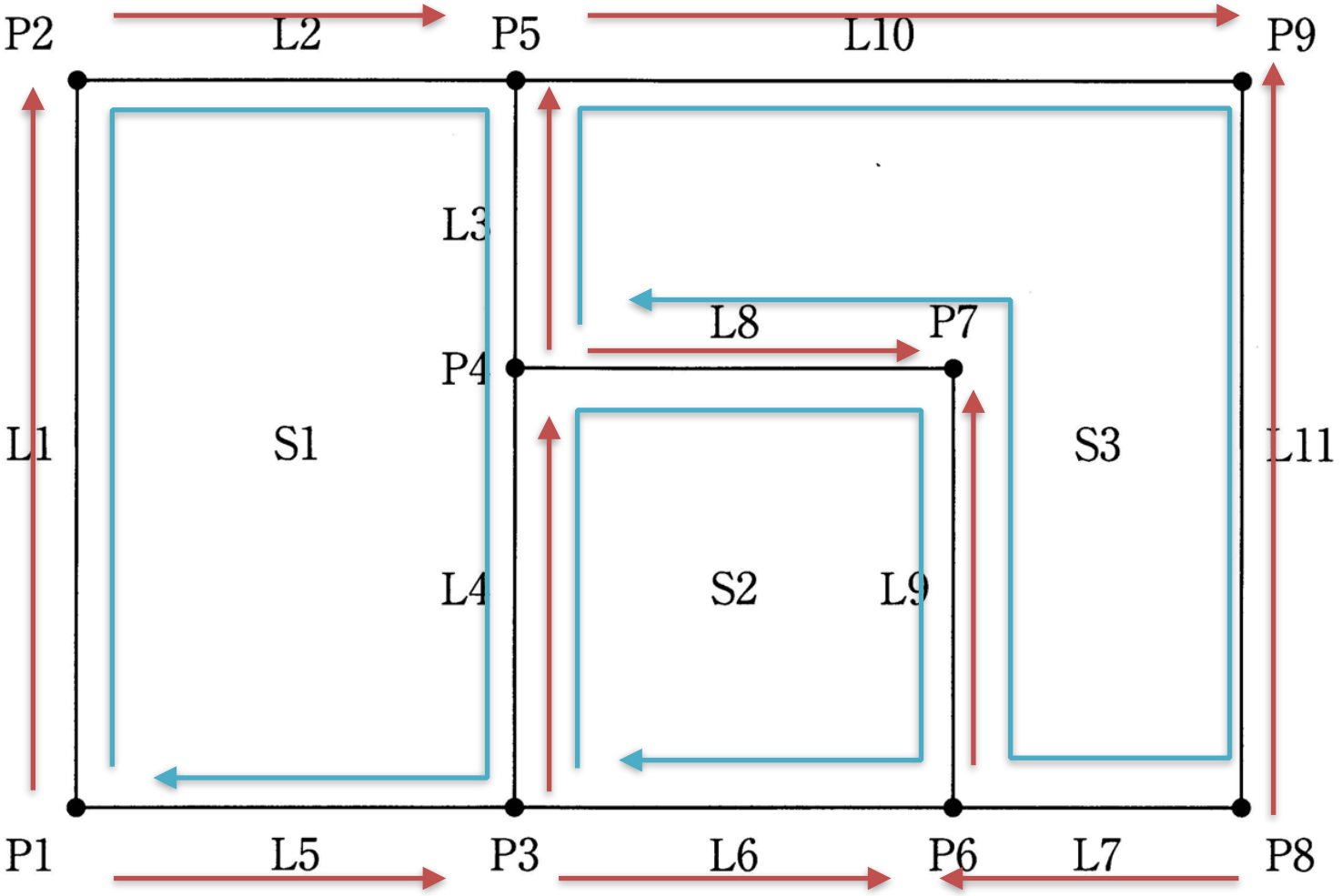
例題



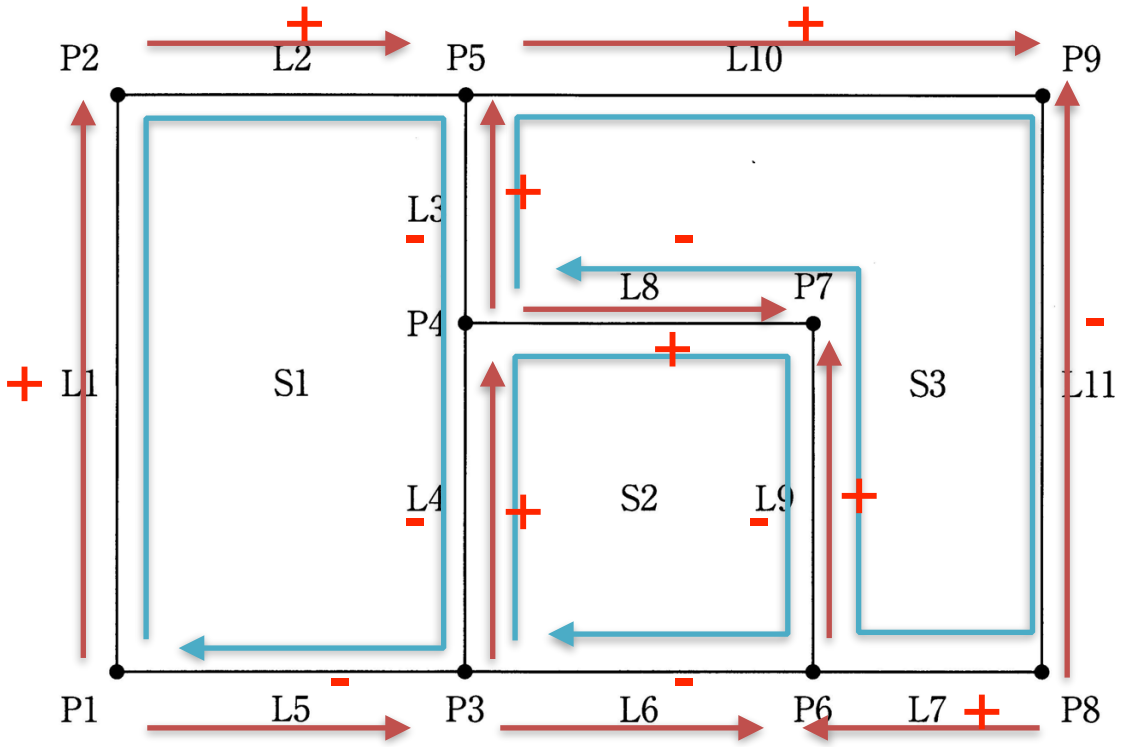
道路中心線	始点	終点
L1	P1	P2
L2	P2	P5
L3	P4	P5
L4	P3	P4
L5	P1	P3
L6	P3	P6
L7	P8	P6
L8	P4	P7
L9	P6	P7
L10	P5	P9
L11	P8	P9

例題

街区面を構成する道路中心線の方向は、面の内側から見て時計回りの方向を＋、その反対の方向を －とする。表のア～ウ に入る記号を答えよ。



答え



街区面	道路中心線	方向
S1	L1	+
	L2	+
	L3	ア
	L4	−
	L5	−
S2	L4	+
	L6	−
	L8	+
	L9	−
S3	L3	イ
	ウ	+
	L8	−
	L9	+
	L10	+
	L11	−

まとめ

矢印と記号を書き込んでいけば超簡単にできます。

見直しはきちんとしましょう。

地形測量　４

道路上にある点の位置関係

ポイント

- 地形図上と縮尺の整理
- 図を書く
- 比例（相似）の理解と式建て

例題

トータルステーションを用いた縮尺1/1,000の地形図作成において、傾斜が一定な直線道路上 にある点Aの標高を測定したところ51.8mであった。一方、同じ直線道路上の点Bの標高は 49.1mであり、点Aから点Bの水平距離は48.0mであった。このとき、点Aから点Bを結ぶ直線道路とこれを横断する標高50mの等高線との交点は地形図上で点Aから何cmの地点を横断するか？

例題

縮尺1/1,000の地形図作成において、

↓

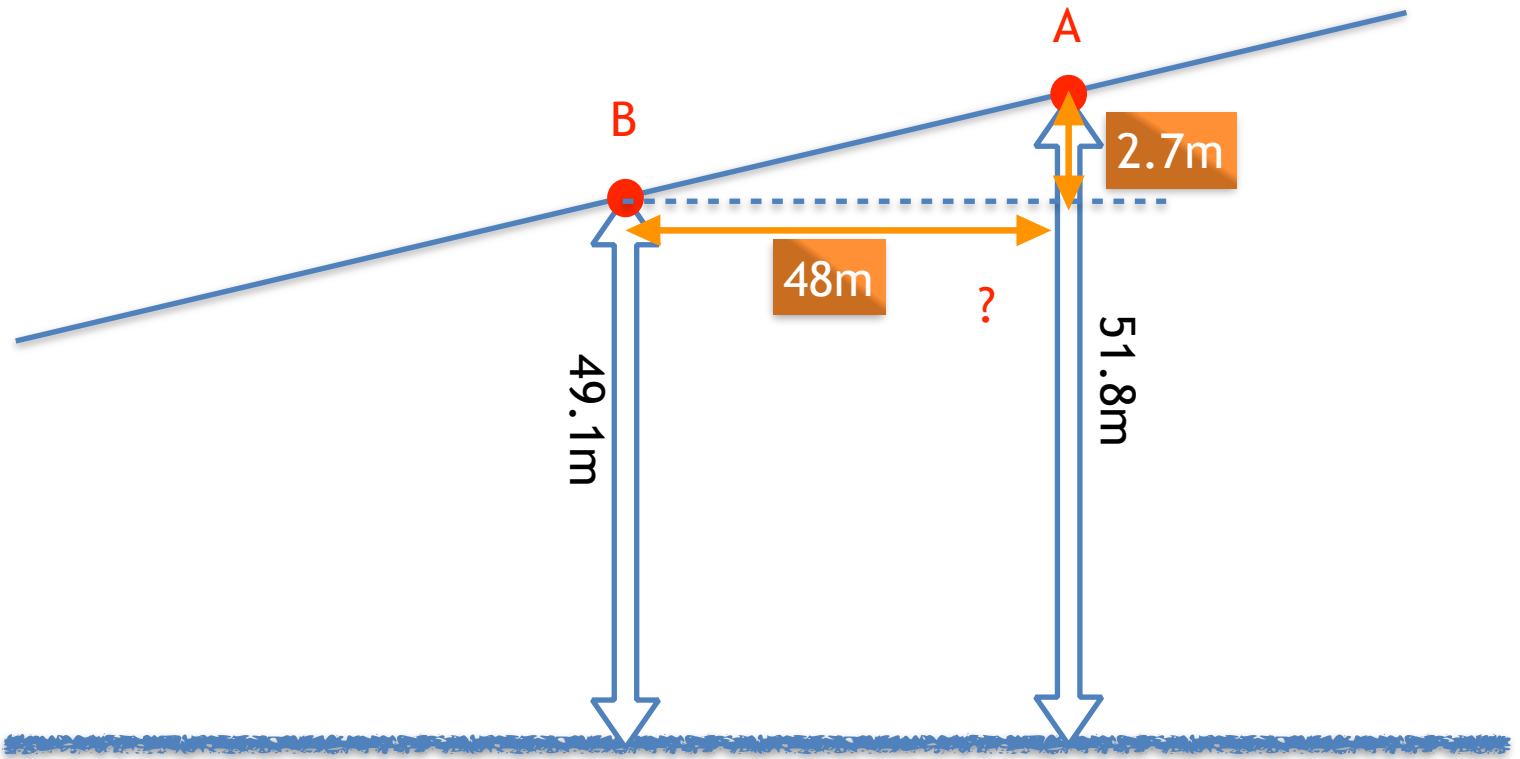
作る地形図は縮尺1/1,000らしい

例題

傾斜が一定な直線道路上 にある点Aの標高を測定したところ51.8mであった。一方、同じ直線道路上の点Bの標高は49.1mであり、、点Aから点Bの水平距離は48.0mであった。

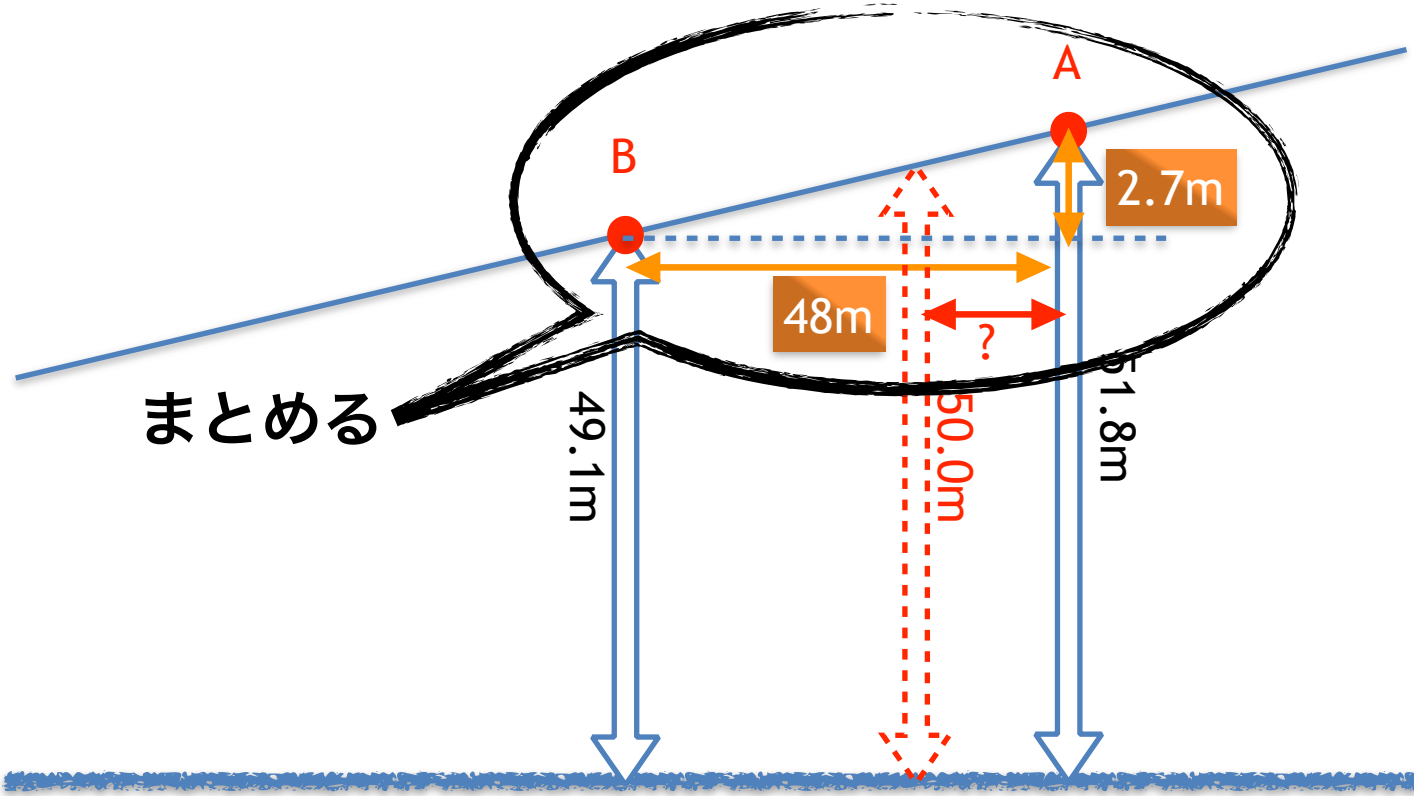
例題

点Aから点Bを結ぶ直線道路とこれを横断する標高50mの等高線との交点は（　　）点Aから何cmの地点を横断するか？



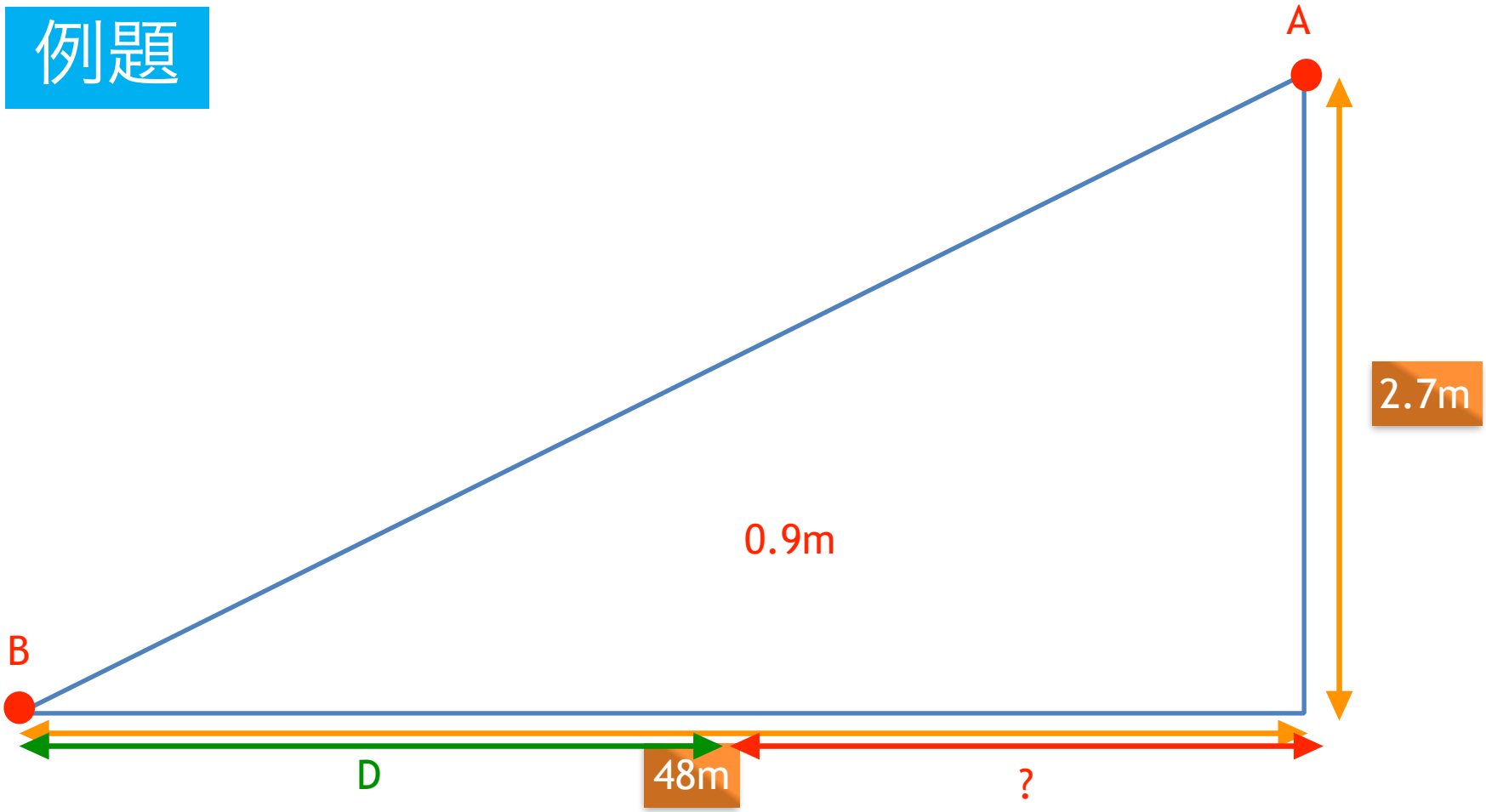
例題

点Aから点Bを結ぶ直線道路とこれを横断する標高50mの等高線との交点は（　　）点Aから何cmの地点を横断するか？



例題

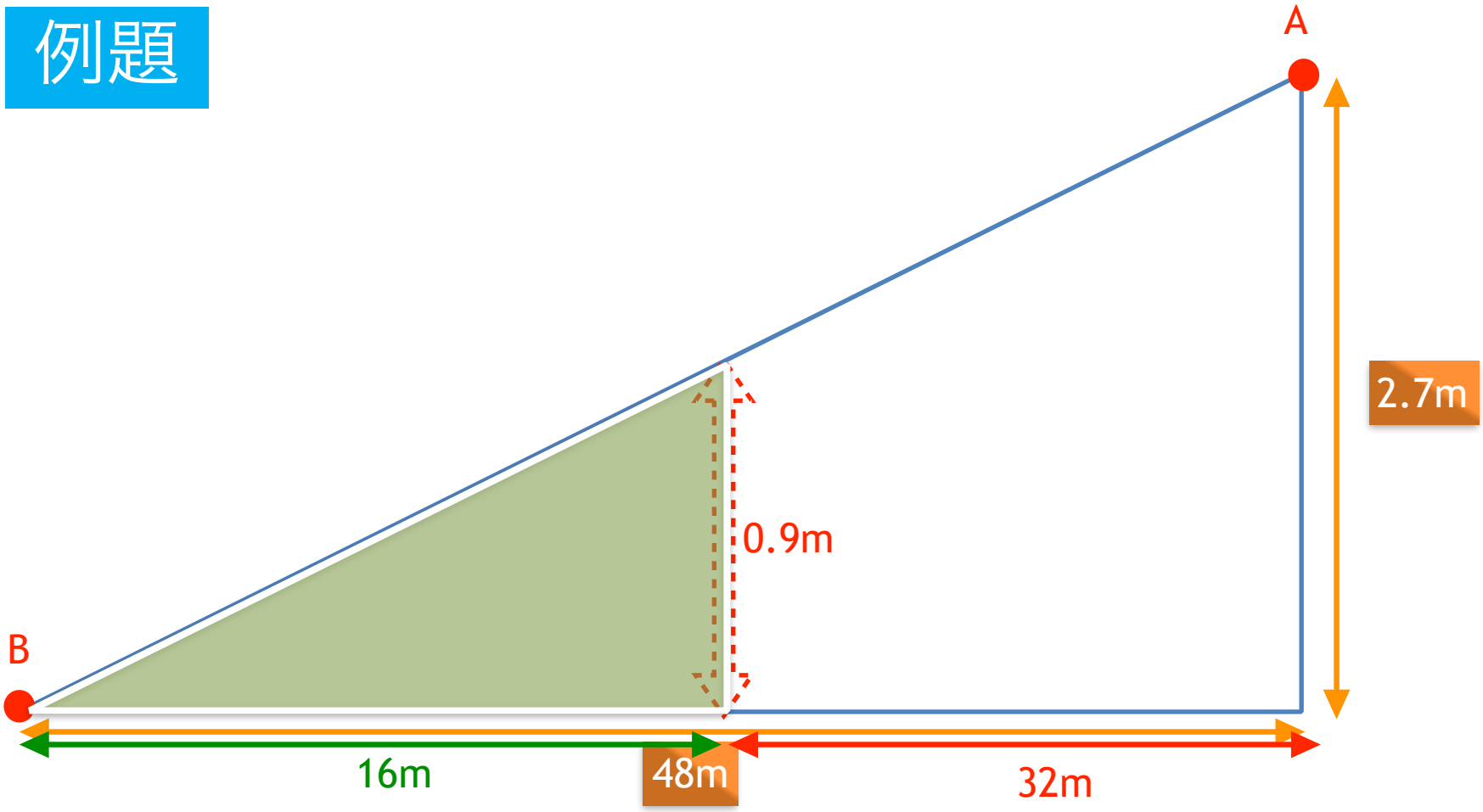
例題



例題

$$48m:2.7m=D:0.9m$$

例題



例題

点Aから点Bを結ぶ直線道路とこれを横断する標高50mの等高線との交点は地形図上で点Aから何cmの地点を横断するか？

作る地形図は縮尺1/1,000らしい

まとめ

・状況を図にして相似の比例で解く。
・比例の代わりに高低角が与えられている場合もある（H27など）
・地形図上の長さには最後に変換すればいい。

簡単な数学で解けます。！
どんどん過去問題に挑戦してみましょう

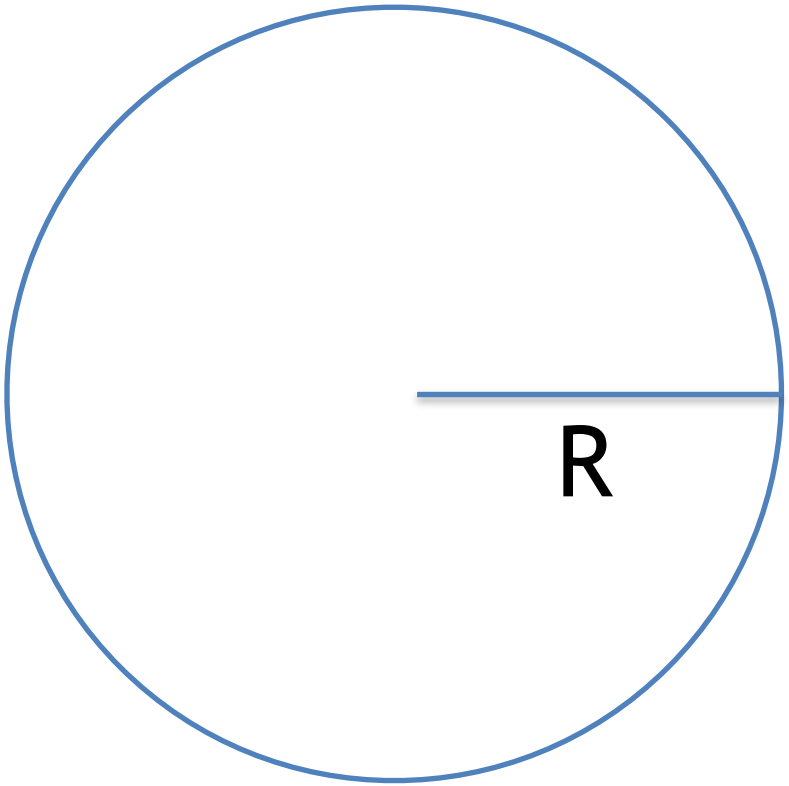
地形測量　5

水平位置の誤差（ラジアン）

ポイント

・ラジアンの原理
・ラジアンの使い方

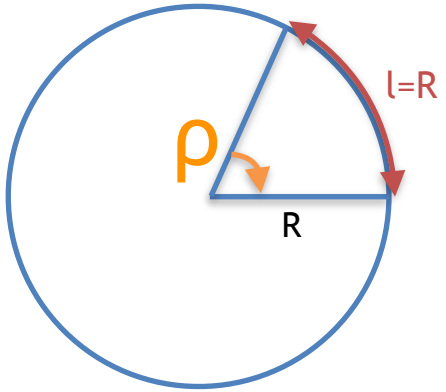
ラジアンとは？



R=半径

R=lになる時の中心角を「　　」とする。

ラジアンとは？



R=lになる時の中心角は常に一定で、
これを「1 ラジアン」とし、

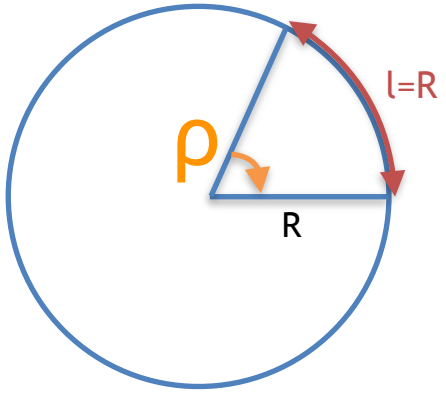
ρ（ロー）で表す。

ρ＝

ρ′＝

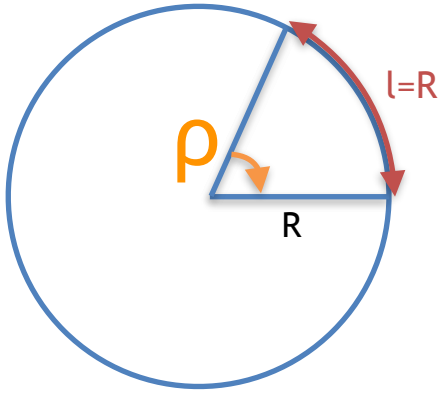
ρ″＝

ラジアンとは？



半径（R）が一定であれば、中心角（θ）と円弧（ｌ）は比例関係にあることから、次のような式が成立する。

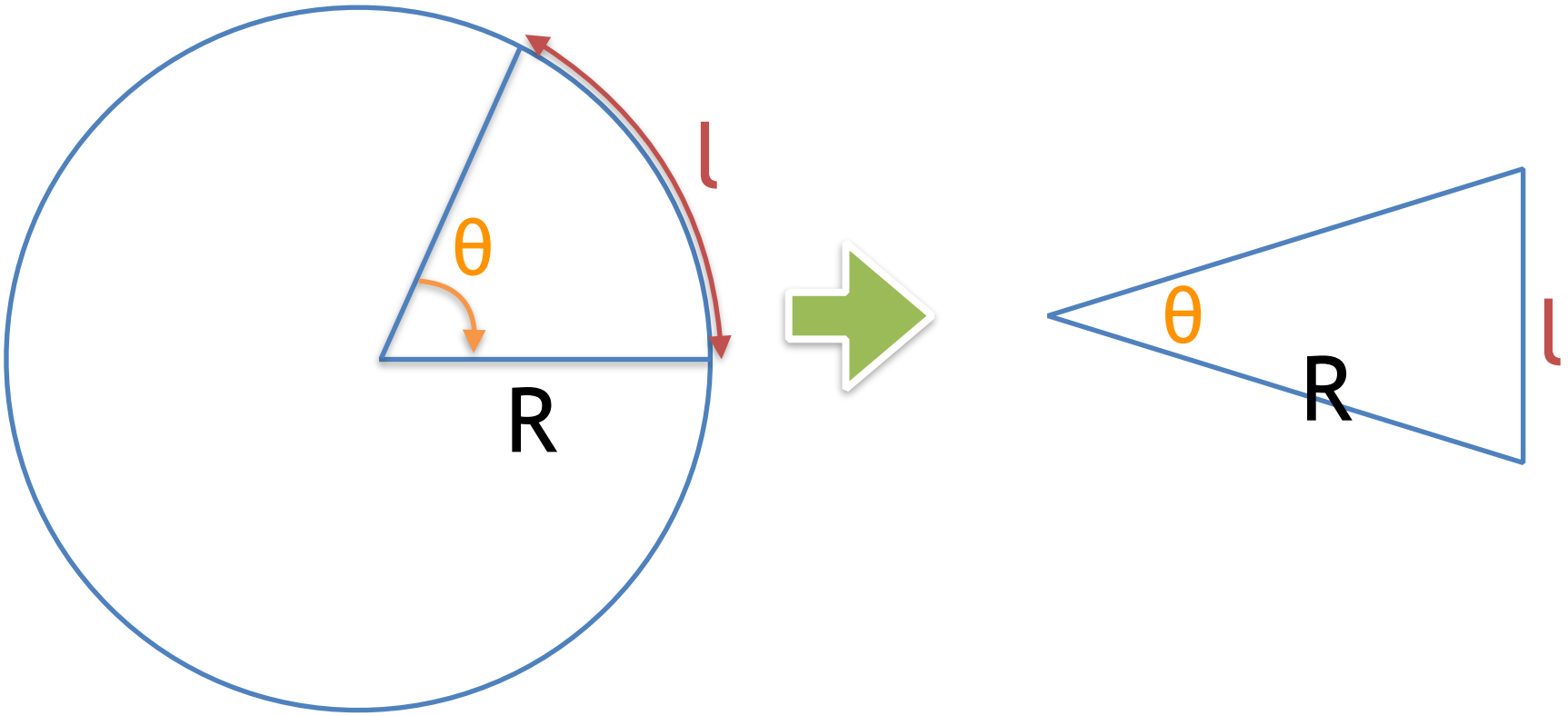
ラジアンとは？



半径（R）が一定であれば、中心角（θ）と円弧（ｌ）は比例関係にあることから、次のような式が成立する。

$$R : l=\rho : \theta$$

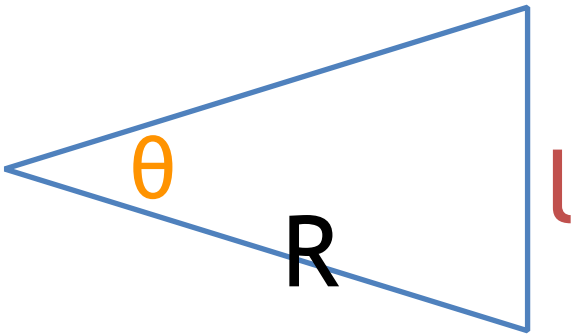
ラジアンとは？



本来は円弧だがこれを近似的に三角形にあてはめてつかう。

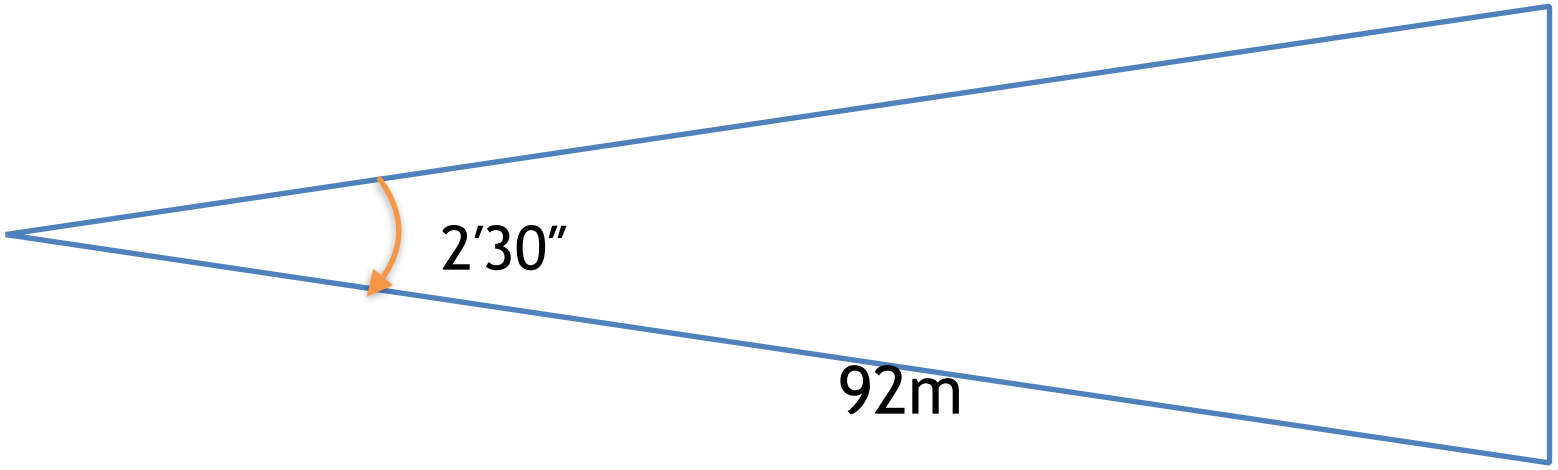
こう使う

$$\frac{l}{R} = \frac{\theta}{\rho}$$

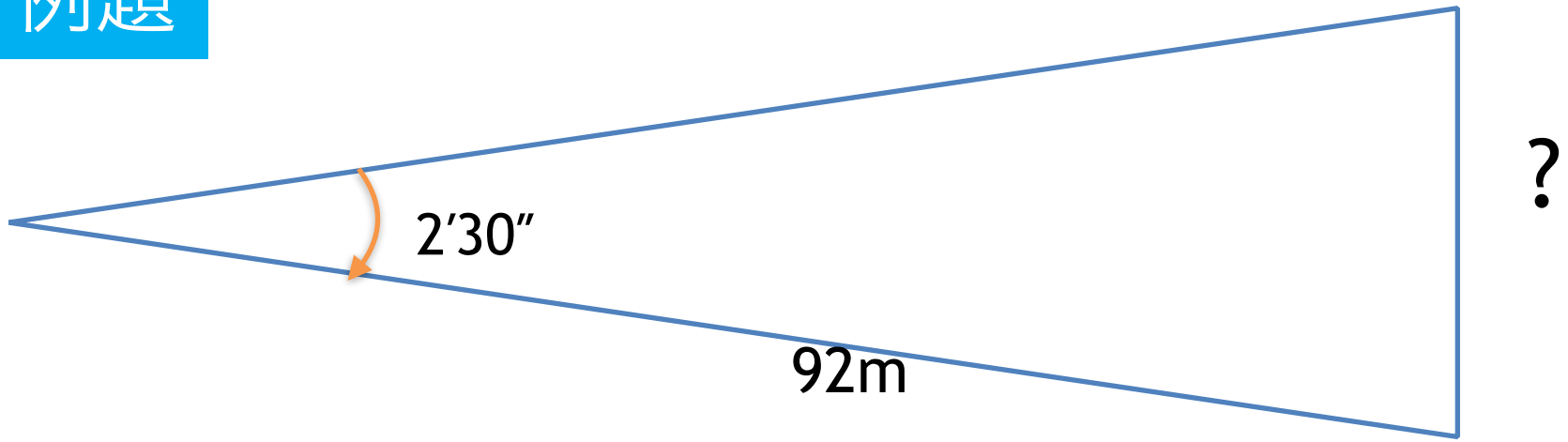


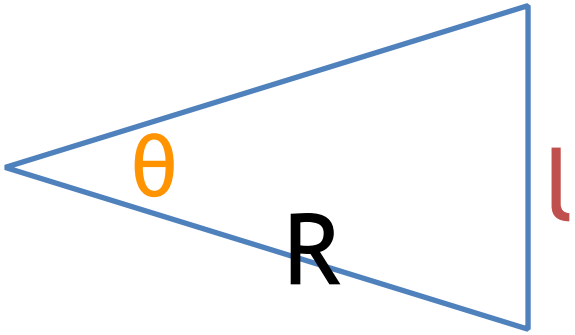
例題

細部測量において 基準点AにTSを設置し、 点Bを観測したときに 2'30" の方向誤差があった場合点Bの水平位置の誤差は幾らか。ただし 、点A・B間の水平距離は92 m, 角度1ラジアンは2×10^5″とする。

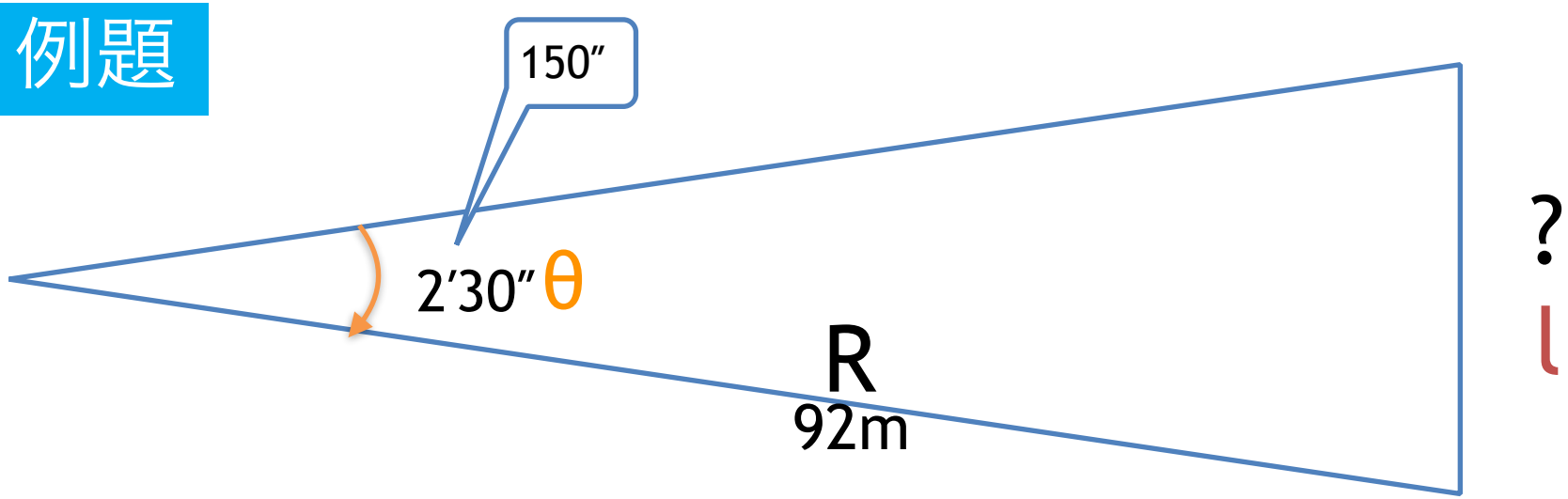


例題





例題

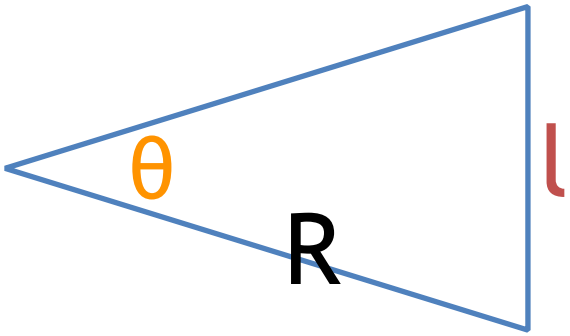


$$l = \frac{\theta}{\rho} \times R$$

$l =$

まとめ

・式は基本式と原理を覚えておく。
・ρが分なのか秒なのか度なのか確認して単位を合わせる。



$$\frac{l}{R} = \frac{\theta}{\rho}$$

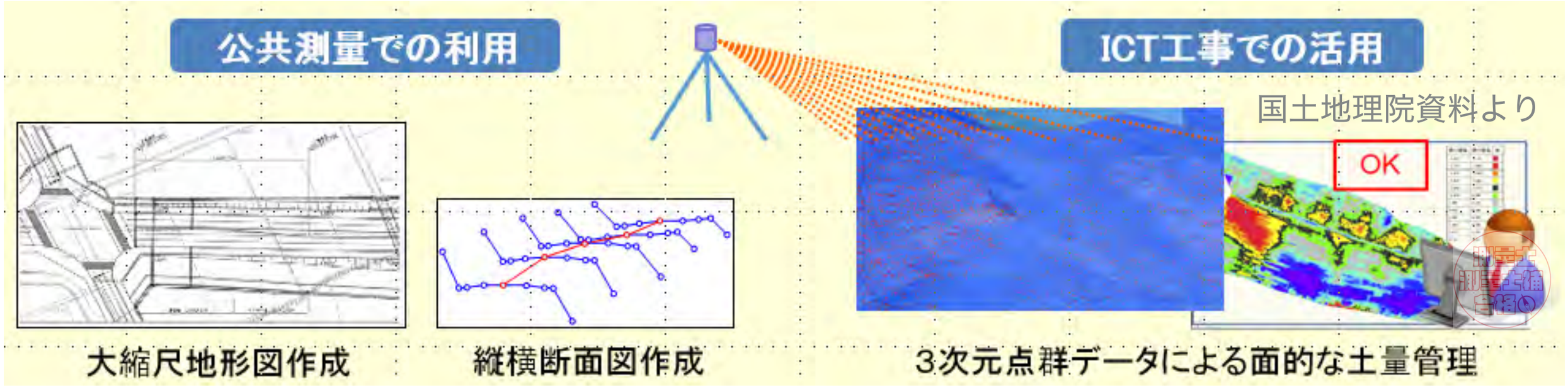
3Dレーザースキャナ（地上・MMS・UAV）

Terrestrial Laser Scanner

MMS　UAV

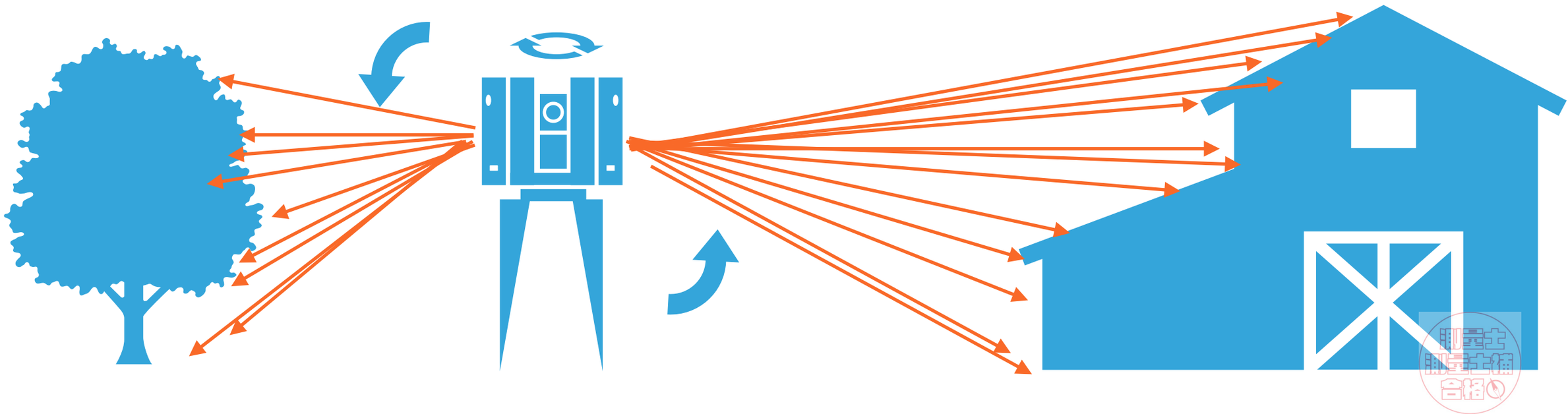
3次元の点群データを取得する器械です。

レーザ光を照射しながら、地上レーザ測量の場合は器械が　　、車やUAVの場合は　　させることによって下方や周囲に存在する地形・地物までの方向と距離を観測し、　　を取得する。



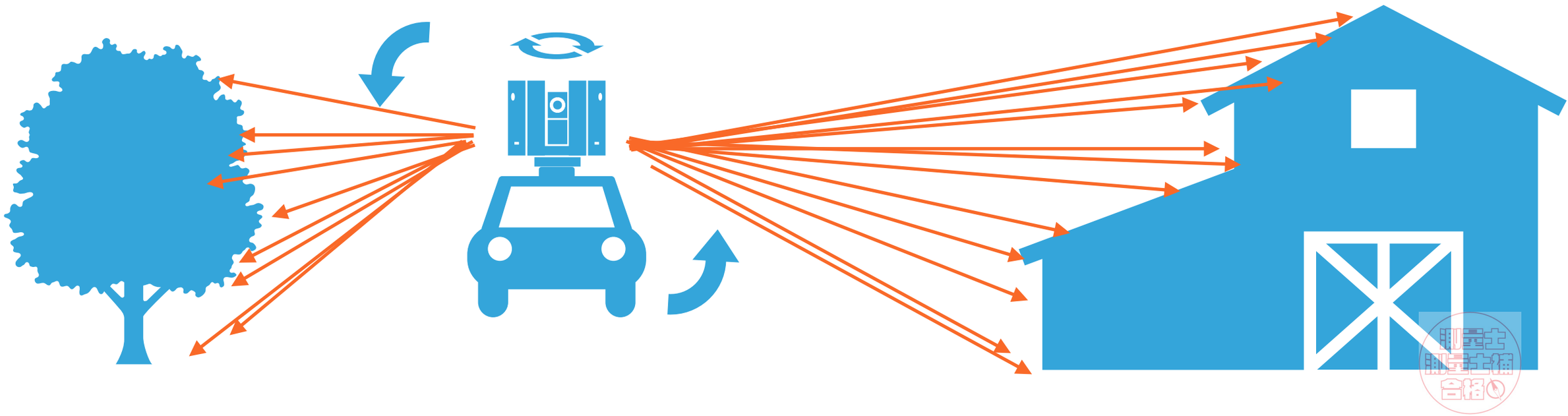
地上3Dスキャナ

360°回転しながら地物までの　　を測定し、　　も撮ります。点の集まりなのでこれを点群データと呼びます。2つのデータを組み合わせて3次元のモデルをつくります。



MMS

車で走行しながら　　の地物を測定し、
点群データを取得します。



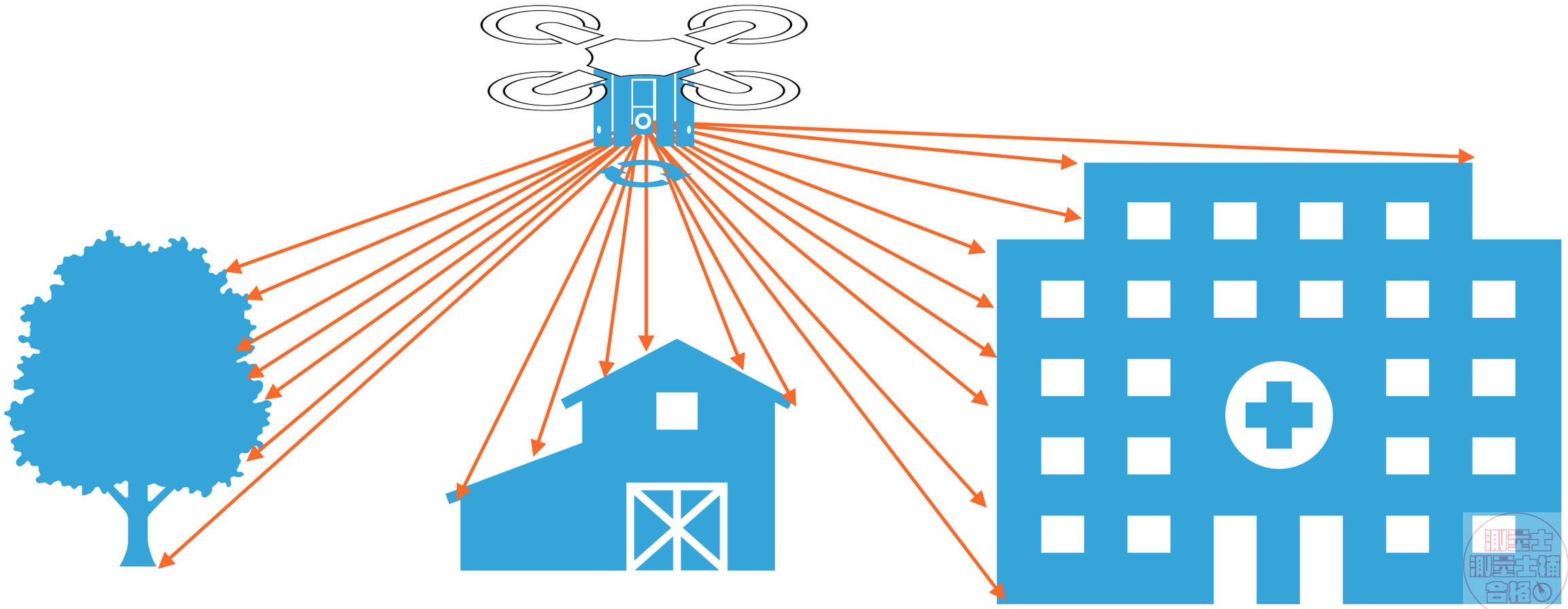
システムの例

国土交通省四国地方整備局　技報vol38より

GNSS：人工衛星を用いた測位システムの総称
(Global Navigation Satellite System(s))
IMU:計測車両の姿勢や傾きを取得する慣性計測装置
(Inertial Measurement Unit)
デジタルカメラ：3D点群データの位置座標と合わせた連続画像データを取得
レーザスキャナ：物体による反射を用いて3D点群データを取得

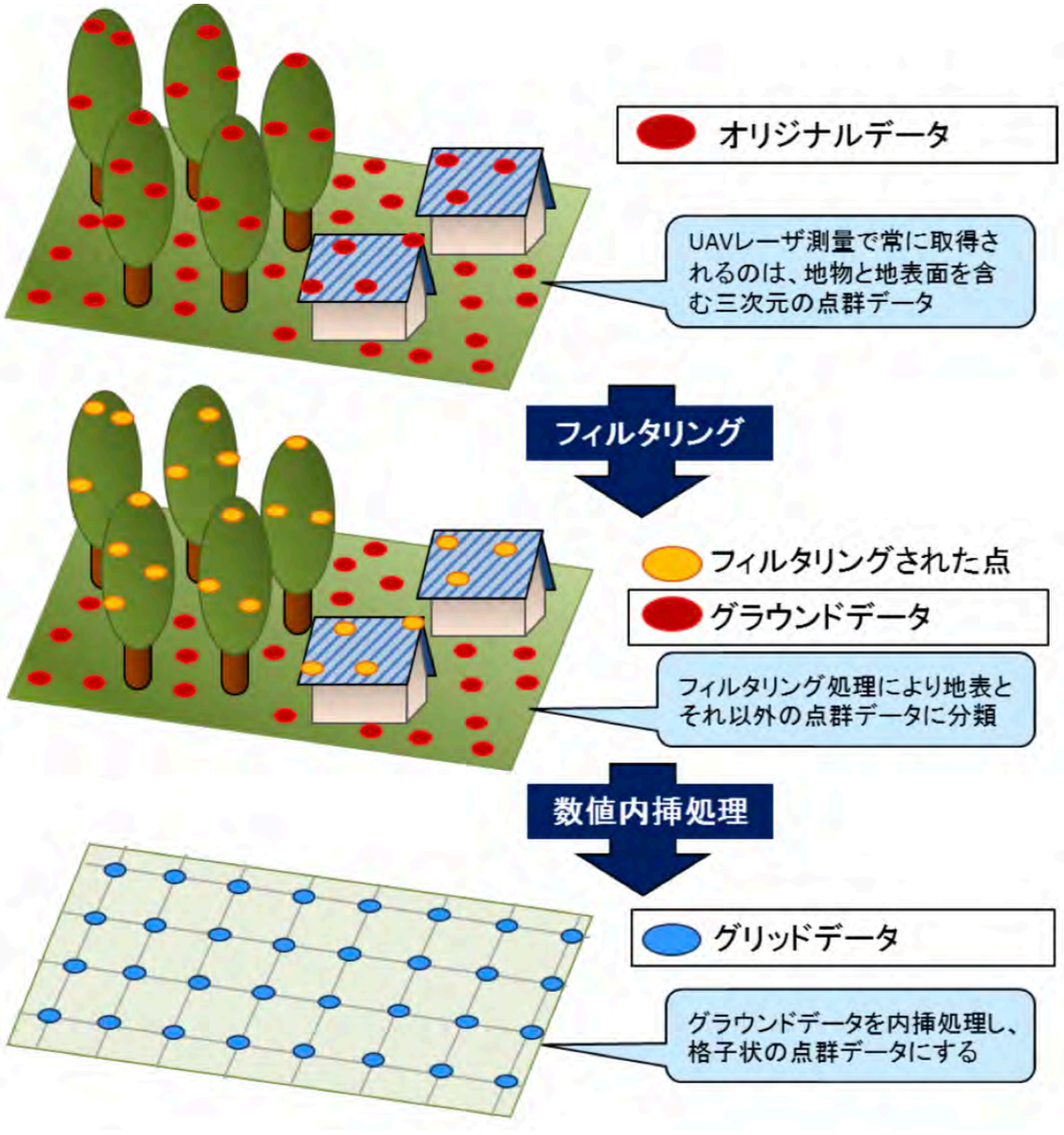
UNMANNED AERIAL VEHICLE

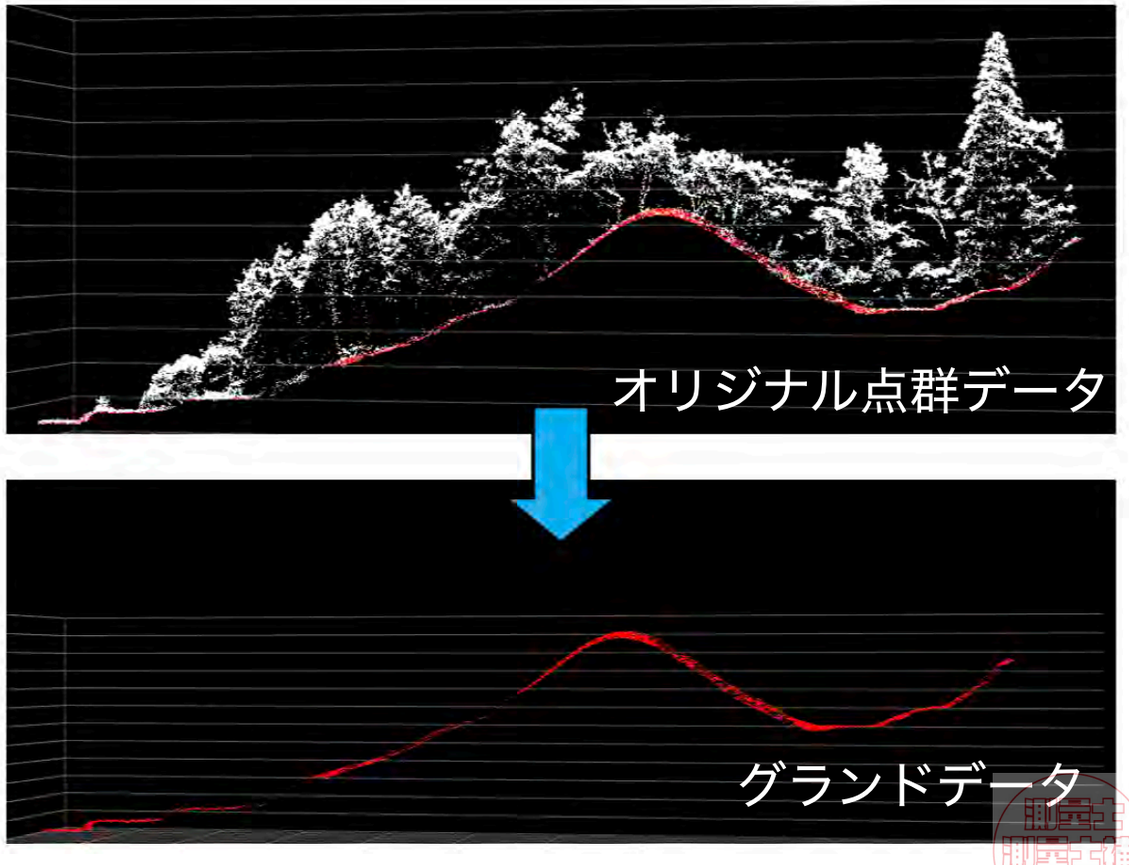
ドローン等で　　から地物を測定し、点群データを取得します。



データの処理

国土地理院　UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアルより





	精度 （参考）	時間	平地の測量	山地の測量	構造物の測量	悪天候	夜の作業
3Dレーザスキャナ			◎ 問題なし	○ 見えれば	◎ 問題なし	X 濡れたものは測れない	○ 色無しはできる
MMS			◎ 問題なし	△ 車道から見えれば	△ 車道から見えれば	X 濡れたものは測れない	○ 色無しはできる
UAV			◎ 問題なし	◎ レーザーが届けばできる	△ 規制がない地域なら効率的	X 濡れたものは測れない	X 夜は飛行禁止
TS/GNSS			○ 時間はかかる	△ 人が入れないとこはノンプリ	○ 時間はかかる	○ がんばればできる	△ できないこともない

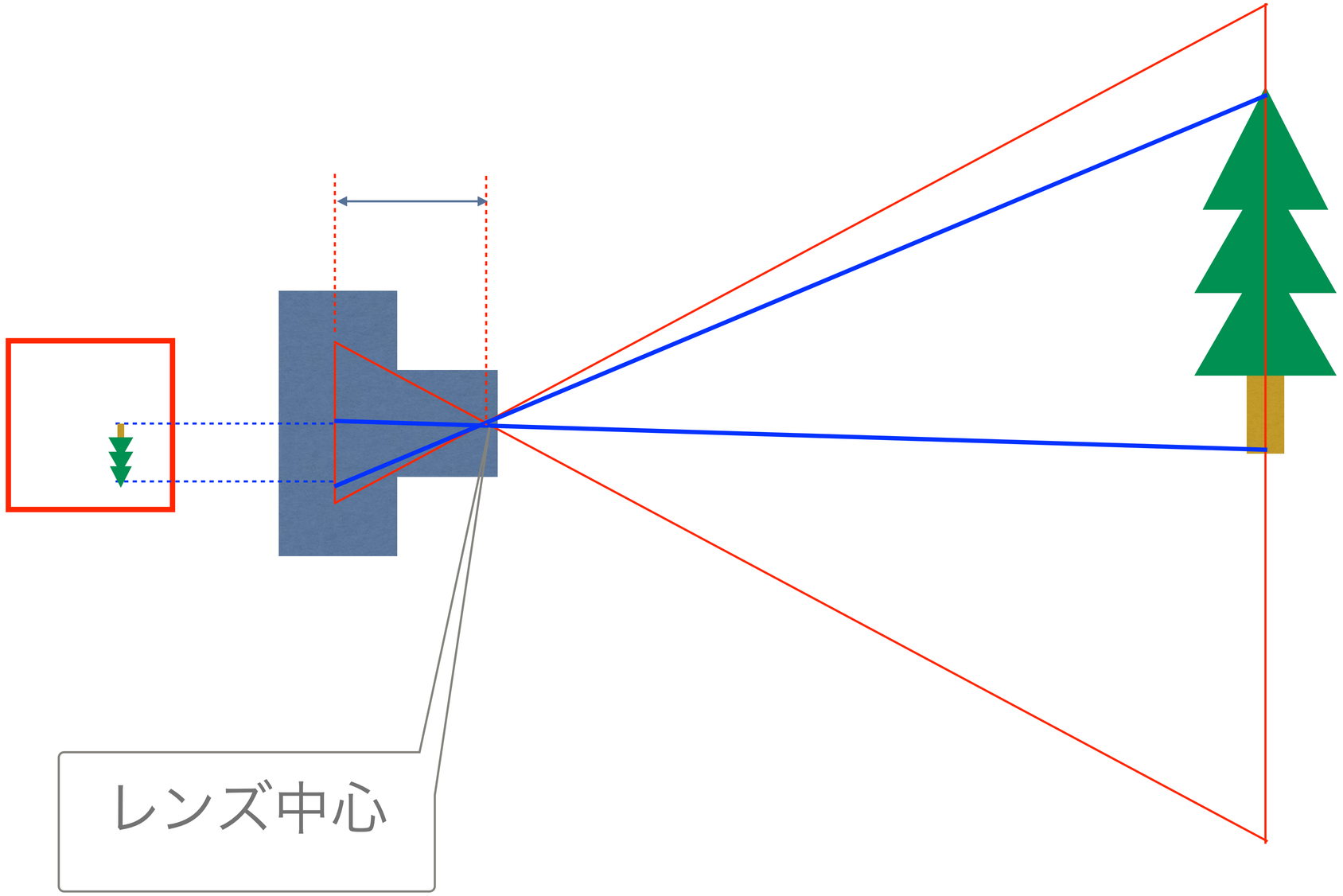
写真測量　1

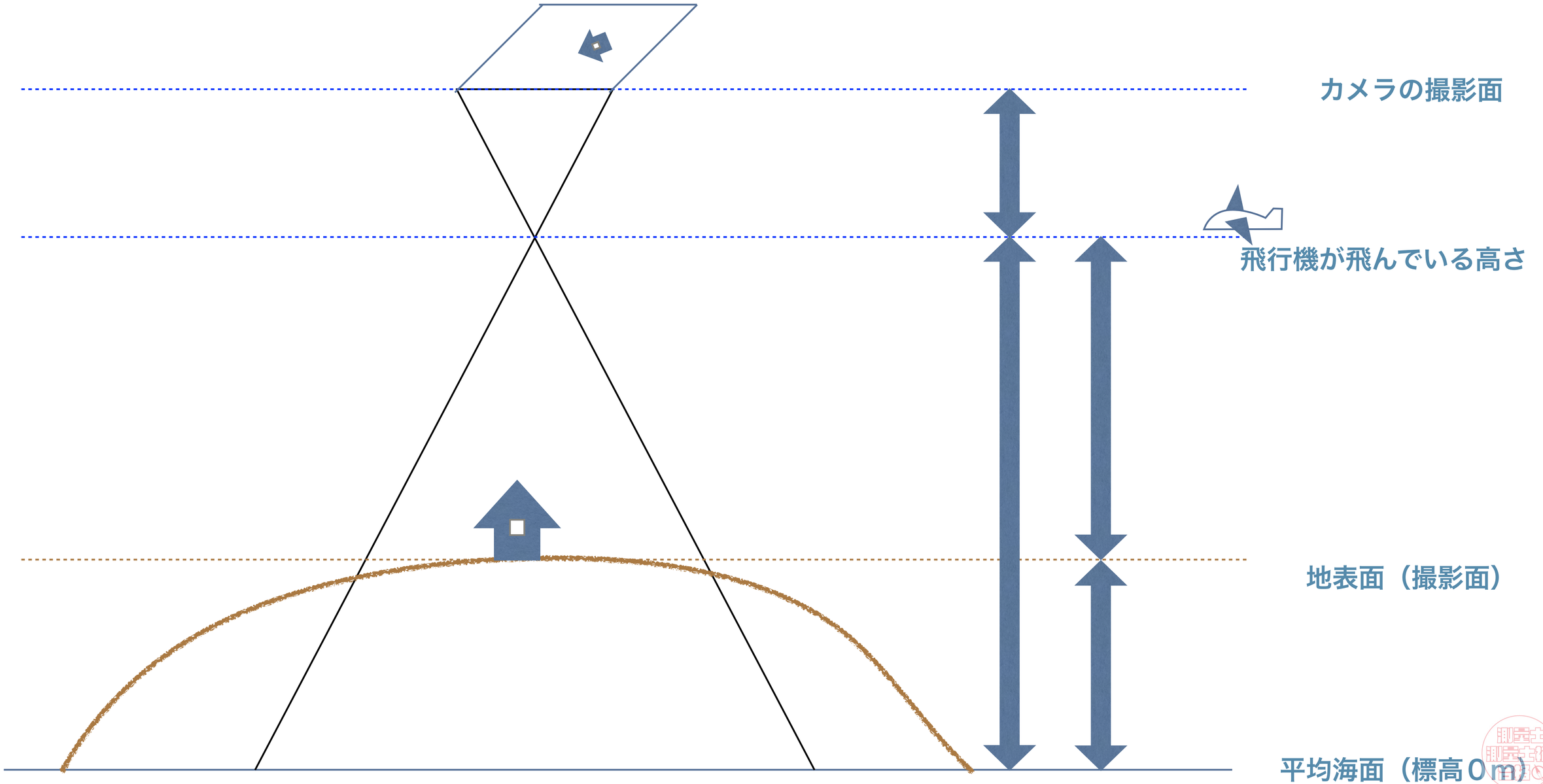
航空写真測量の概要

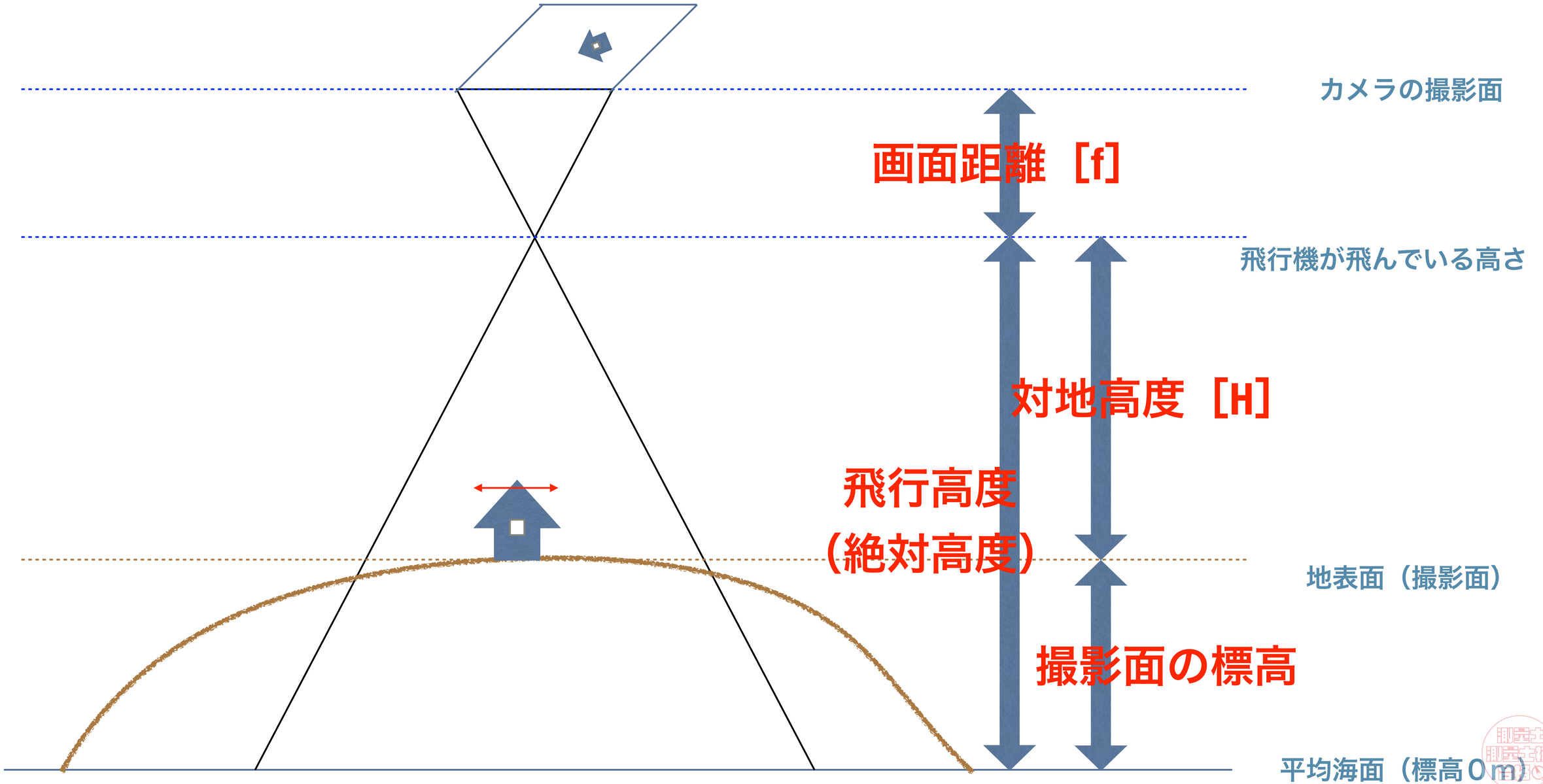
SL　OL　中心投影　実体視　撮影高度　画面距離　縮尺　コース

タイポイント　パスポイント

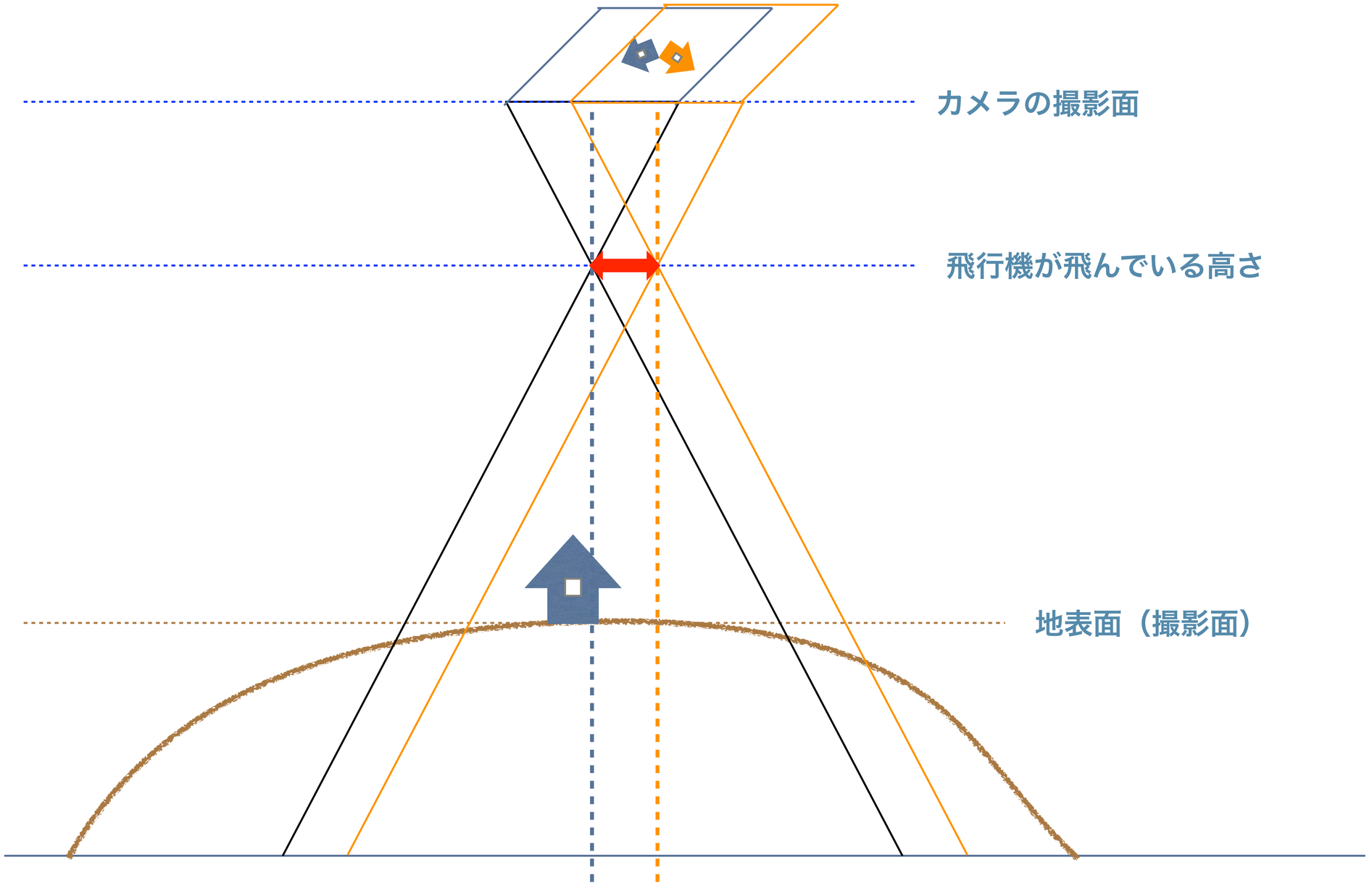
写真（中心投影）の原理



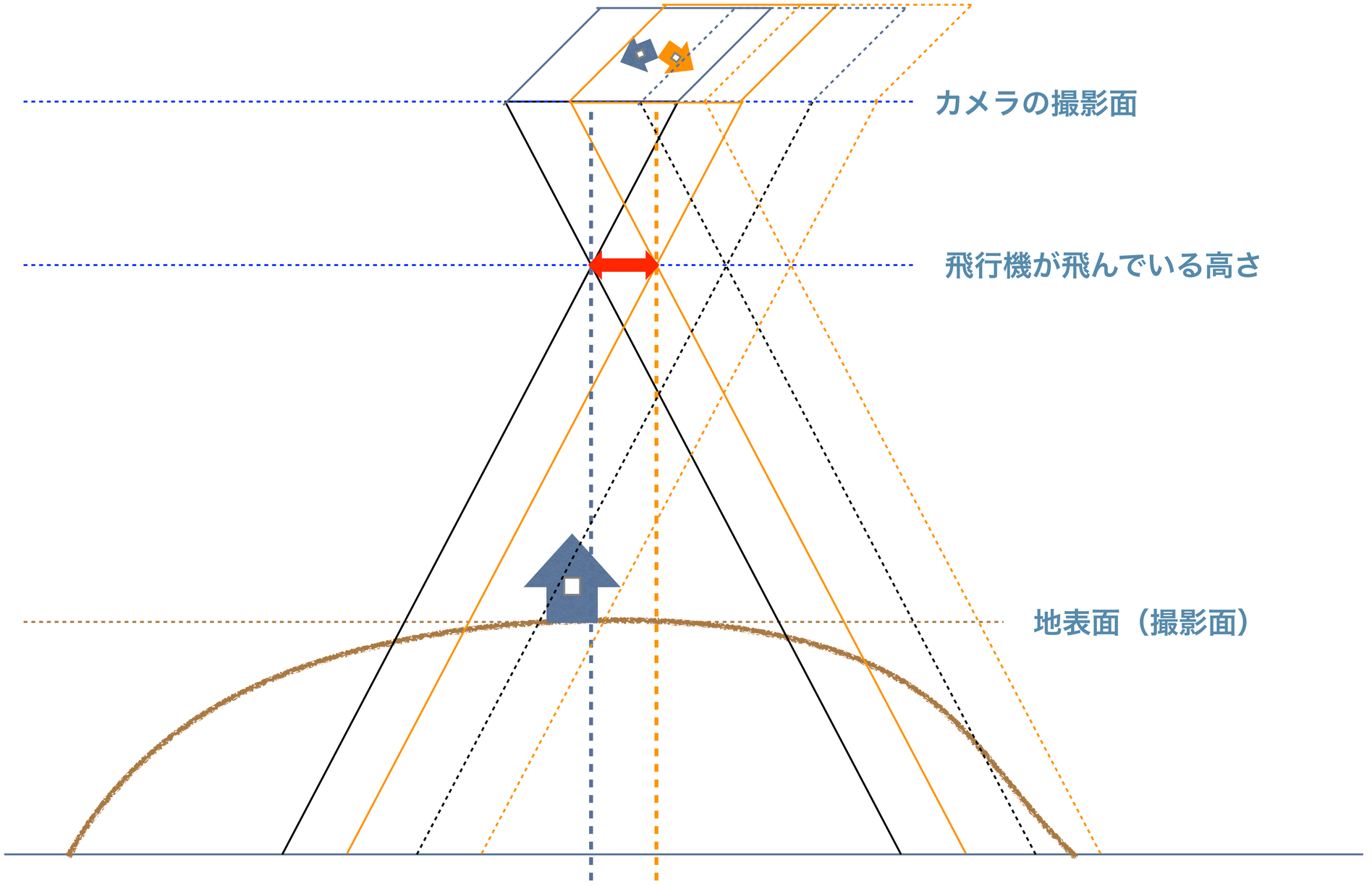

カメラの撮影面
飛行機が飛んでいる高さ
地表面（撮影面）
平均海面（標高０m）


カメラの撮影面
画面距離［f］
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度［H］
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）

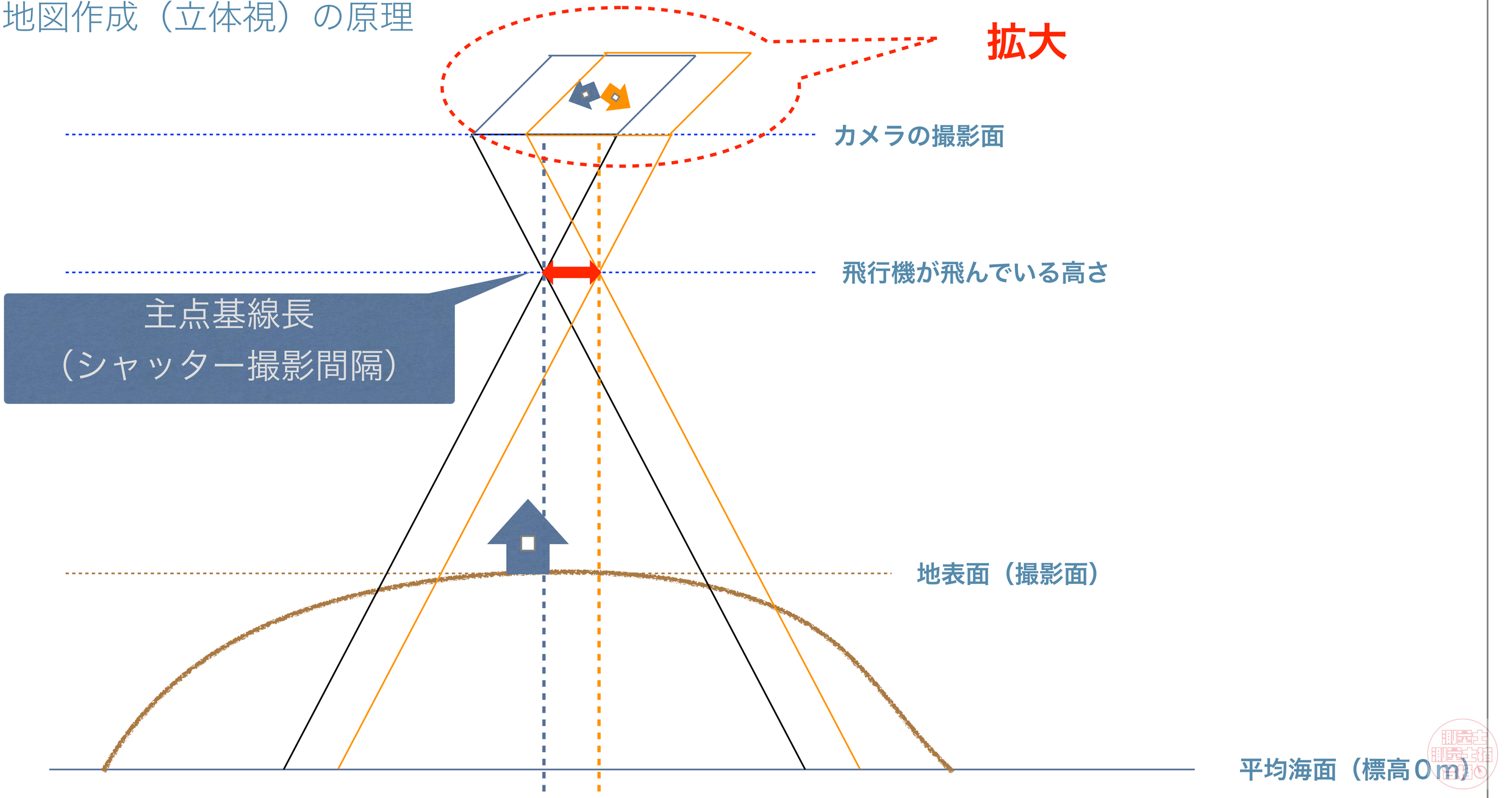
地図作成（立体視）の原理



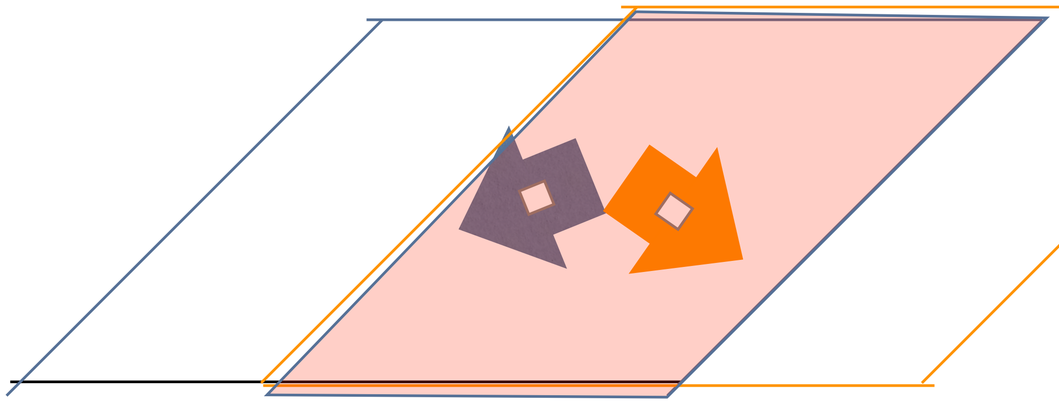
地図作成（立体視）の原理

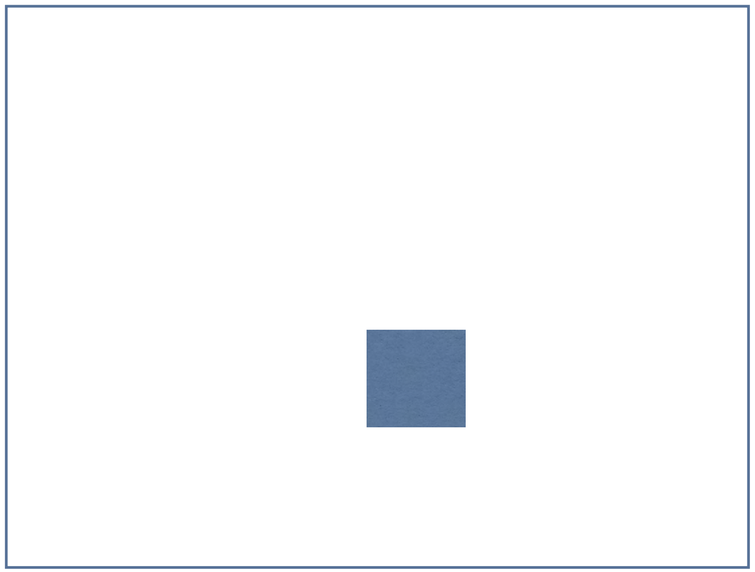


地図作成（立体視）の原理



地図作成（立体視）の原理





（真上から見た図）

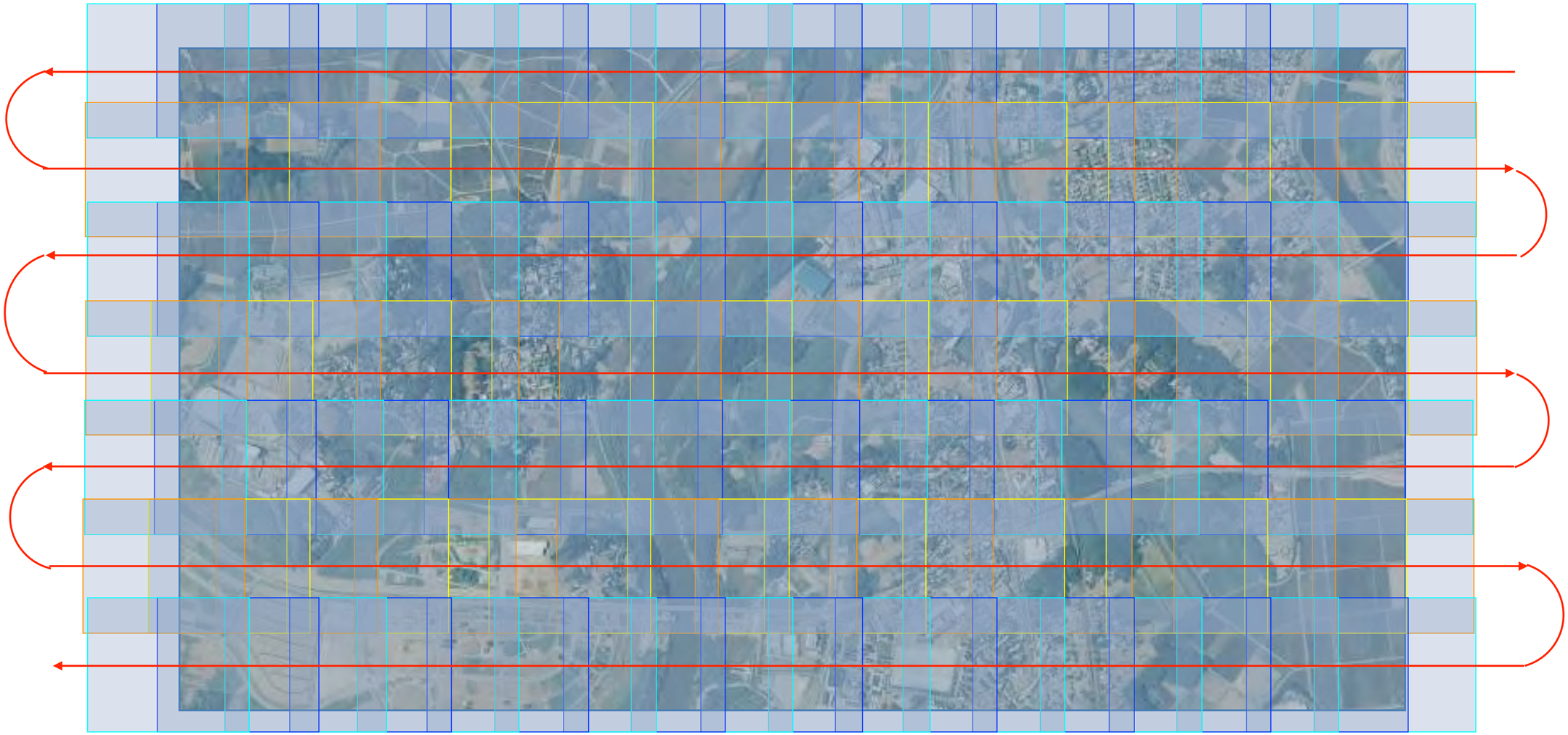
地図作成（立体視）の原理

地図作成（立体視）の原理

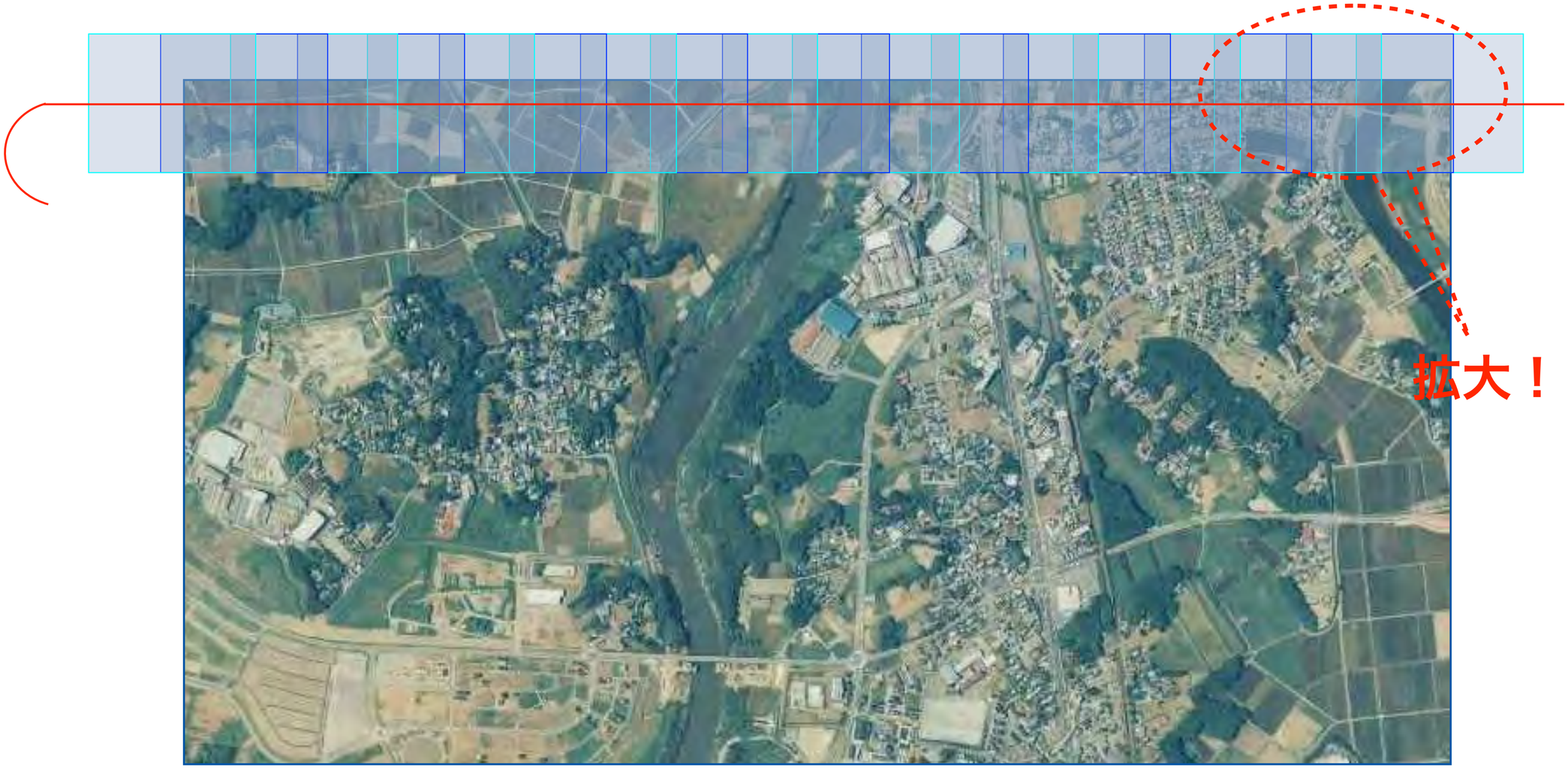
地図作成（立体視）の原理

写真の撮影

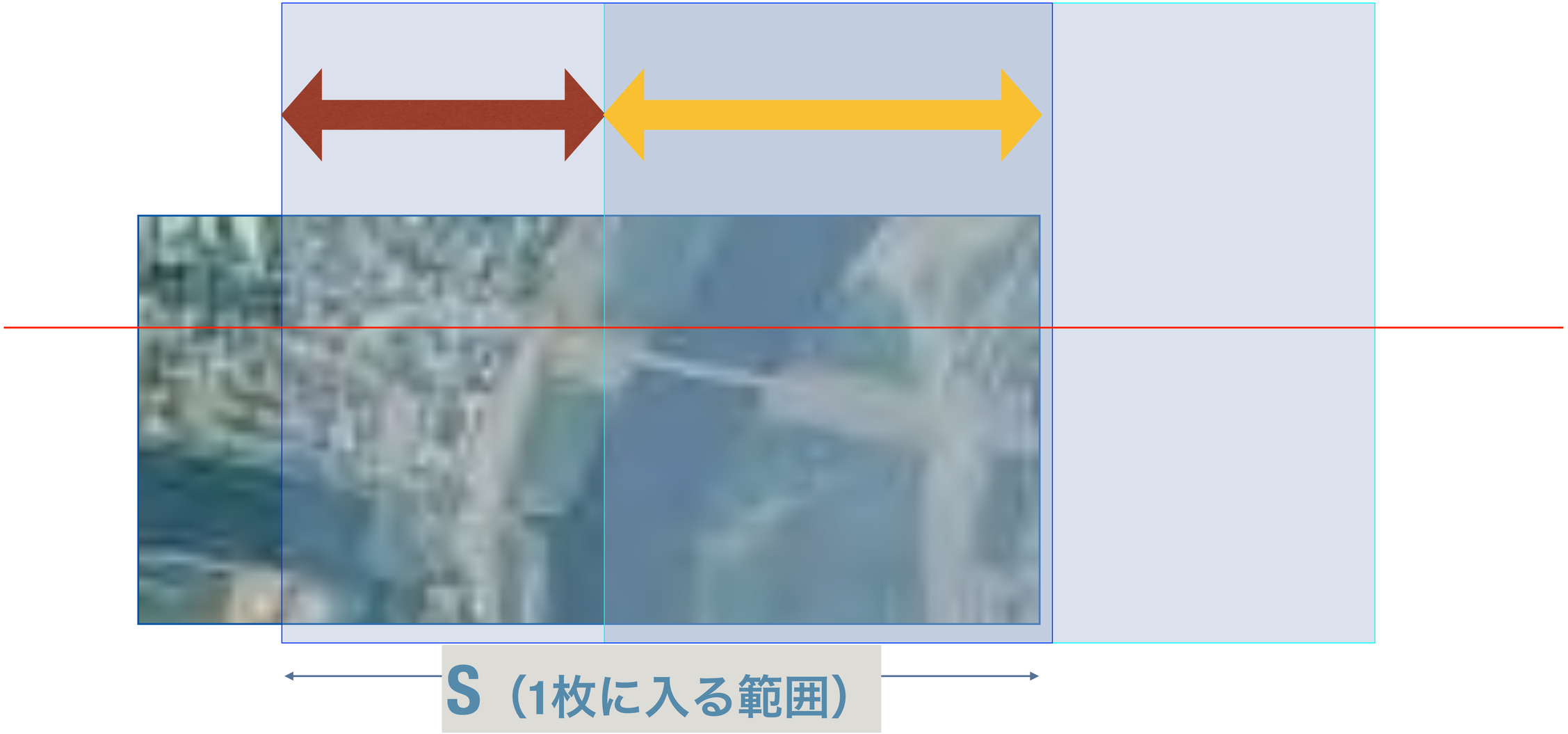
コース（普通東西にとる）



写真の撮影

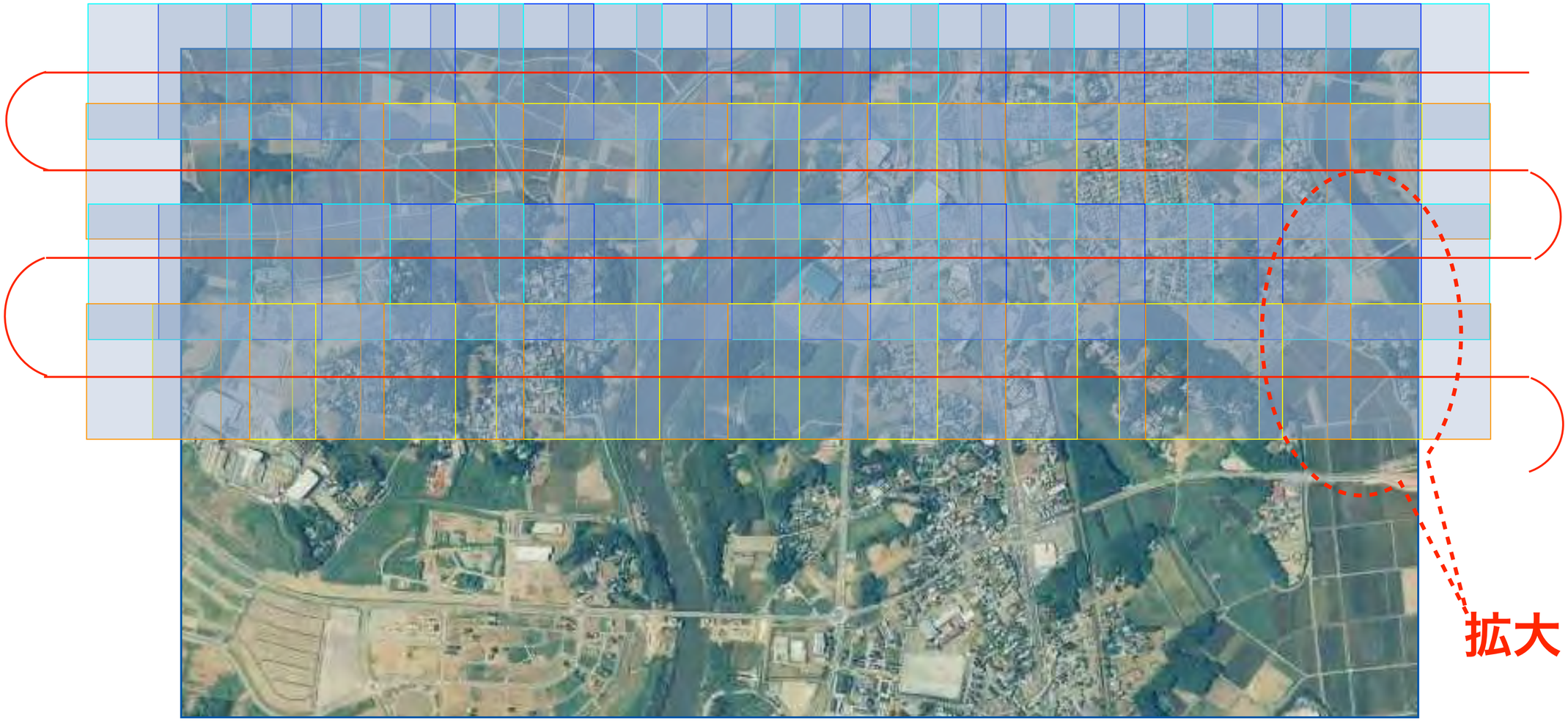


オーバーラップ

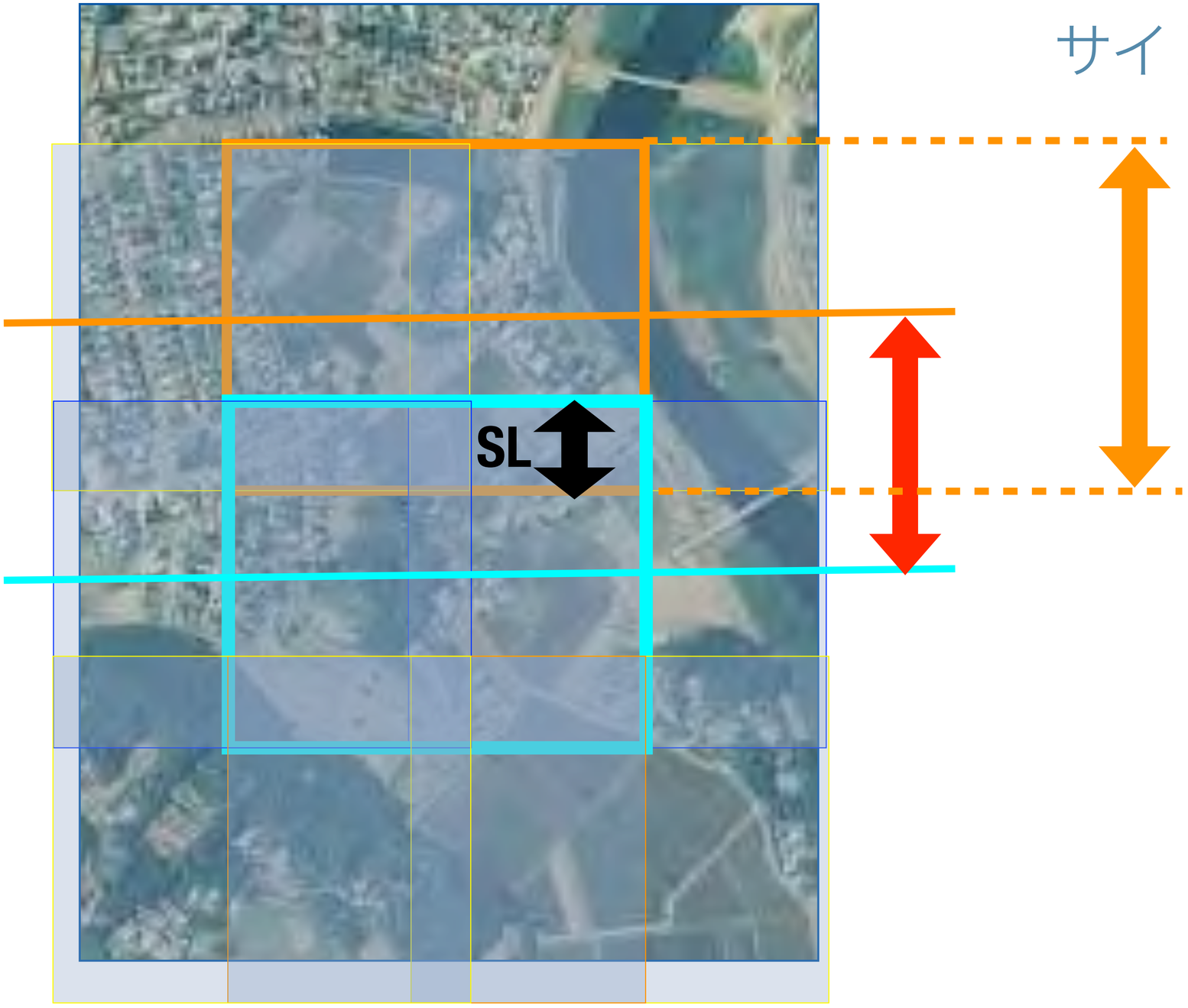


士補の問題だと大体６０％

写真の撮影

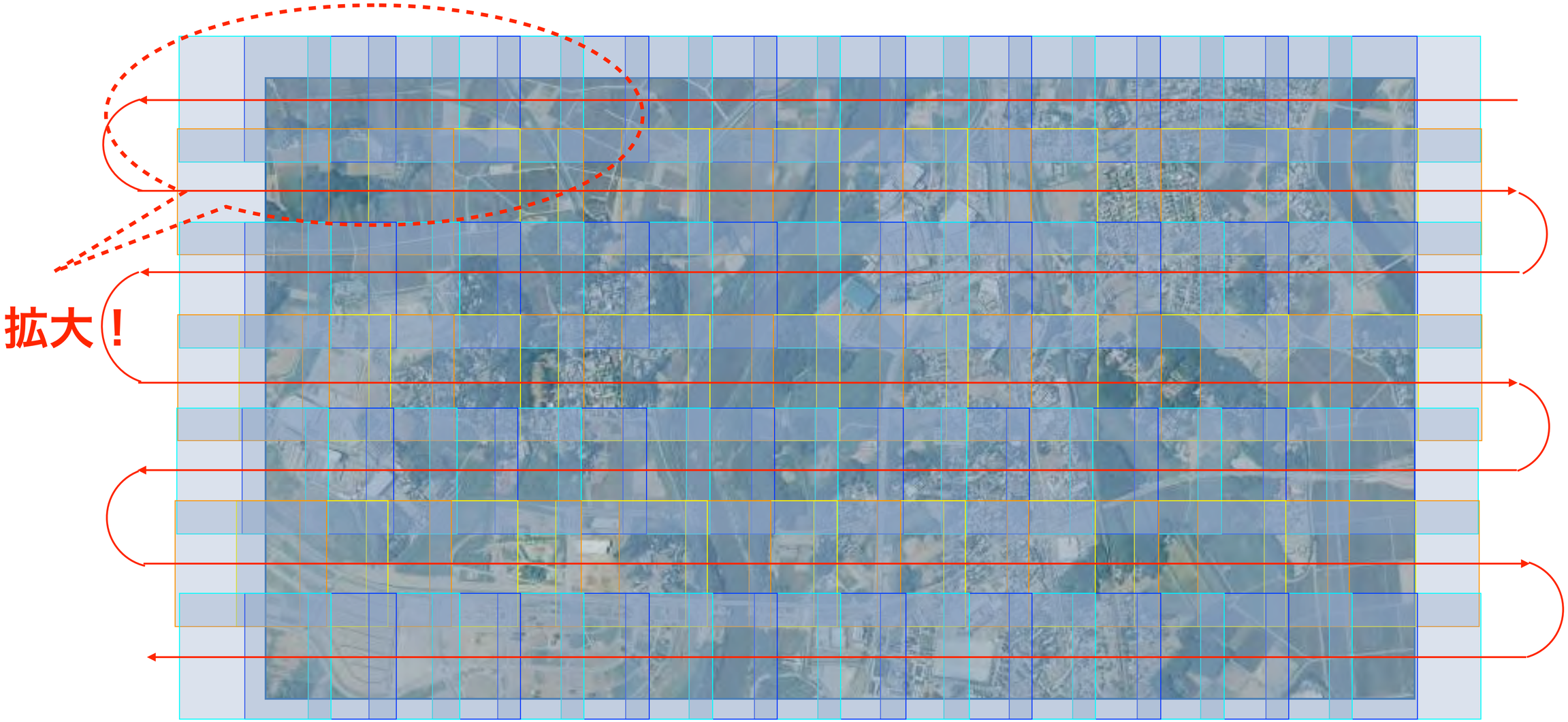


サイドラップ



士補の問題だと大体３０％

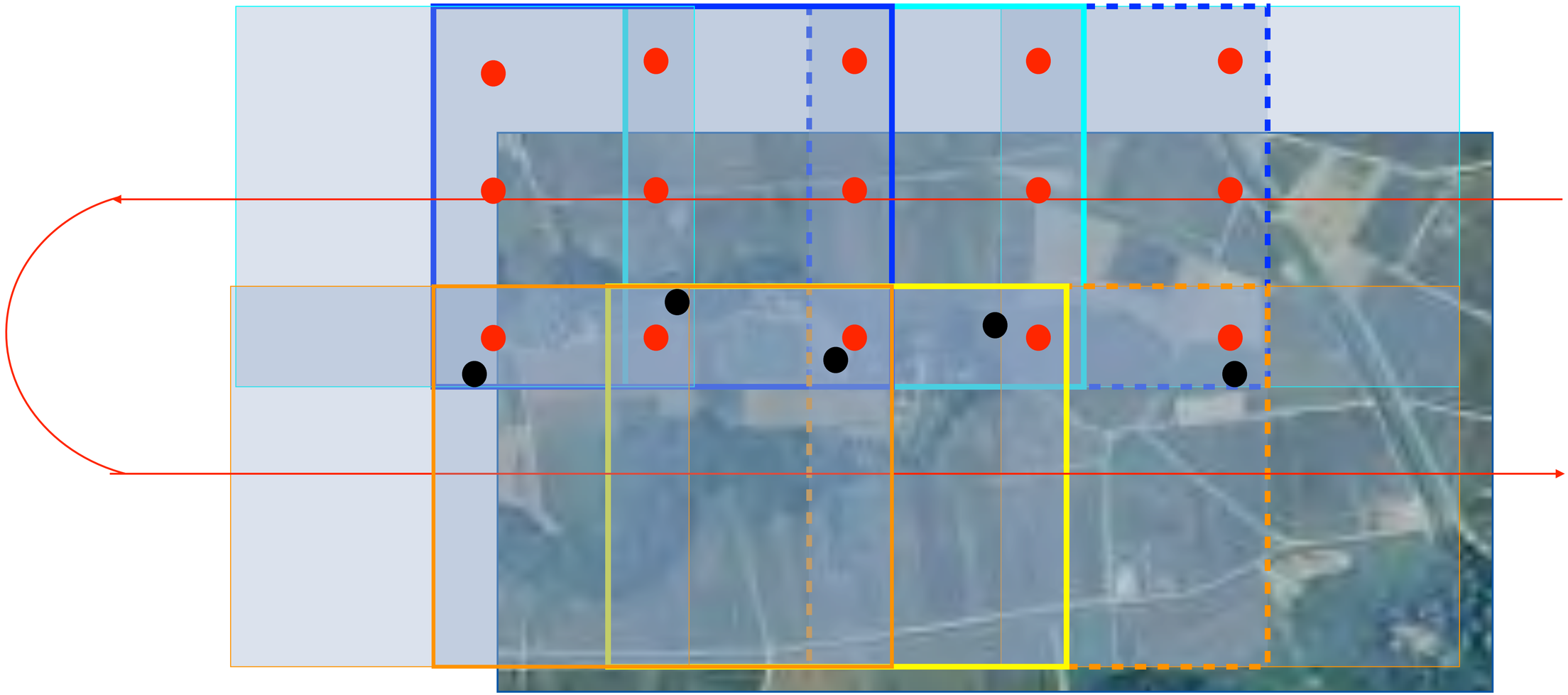
評定点の置き方（タイポイントとパスポイント）



コース（普通[　　]にとる）

標定点の置き方（タイポイントとパスポイント）

- **パスポイント（　　）**



- **タイポイント（　　）**

写真測量の概要まとめ

- 写真を撮って、平面図にする。
- 写真は[　　]なので立体視で平面図にする。
- 立体視するには[　　]枚以上の写真に写っている必要がある
- 連続する隣の写真とのかぶりが[　　]
- ターンしてきて隣のコースとのかぶりが[　　]
- 連続した写真の中心の距離＝シャッターを押す間隔を[　　]という
- 隣の写真が[　　]、コースの重複が[　　]

写真測量　2

空中写真測量（数値地形データ取得）の作業順序

標定点・対空標識・空中三角測量・数値図化・成果の整理

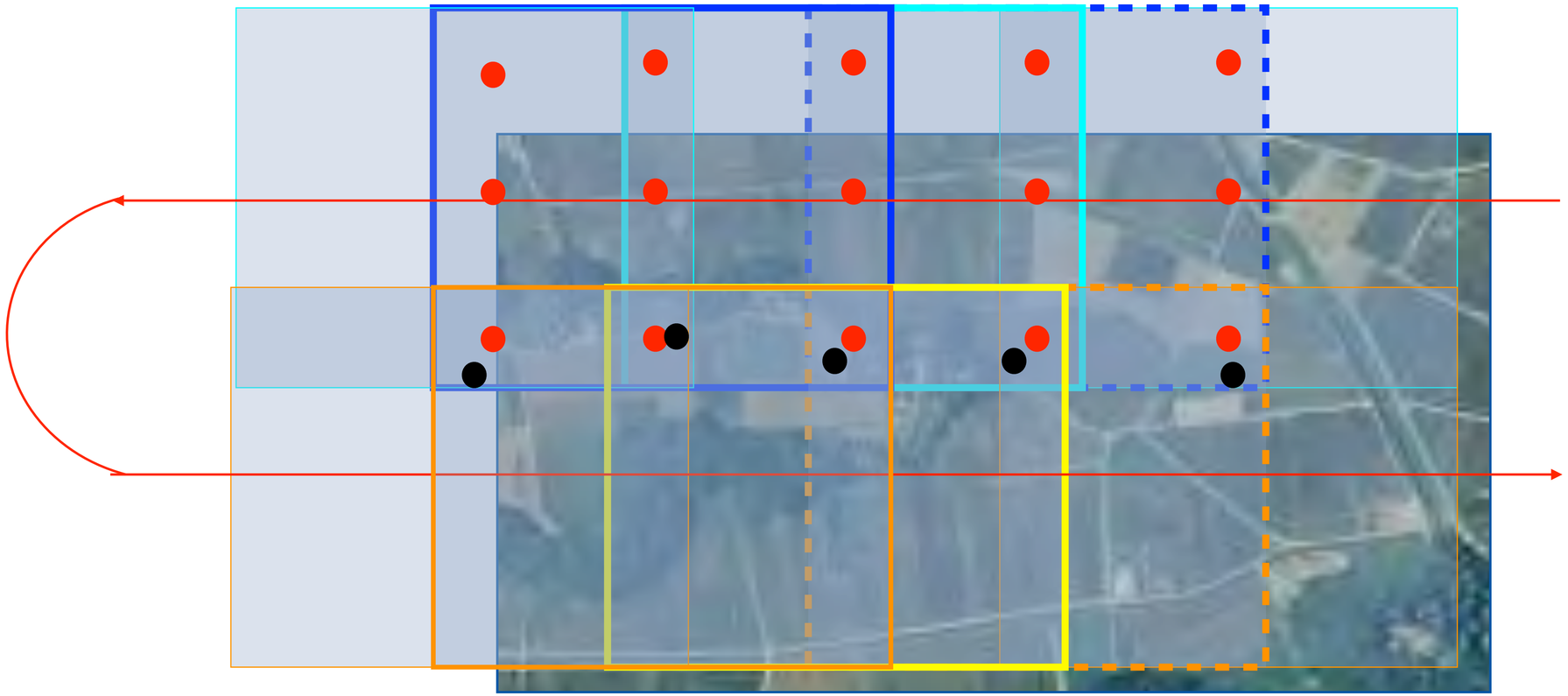
ポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序

作業工程

空中写真測量（数値地形データ取得）の作業

1．計画

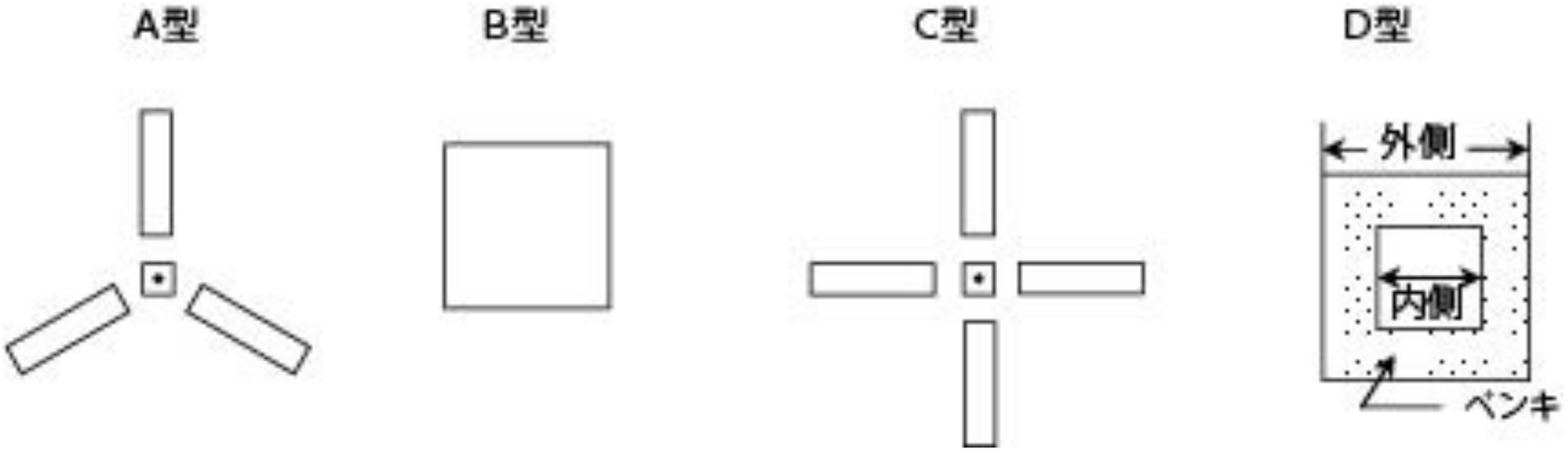


・計画では撮影区域、コース、標定点（タイポイント・パスポイント）等を決める。

2．標定点の設置

・同時調整に必要な、座標および標高がわかっている点のこと。隣接する写真に共通の標定点が写るようにする。既設の基準点を使ったり、大きな交差点の角を目印にする場合もあるが、足りなければ新しくを設置する。

３．対空標識の設置



（１）対空標識は、あらかじめ[　　]の許可を得て、堅固に設置する。

（２）対空標識の各端点において、天頂からおおむね[　　]度以上の上空視界を確保する。

（３）バックグラウンドの状態が良好な地点を選ぶものとする。

（４）樹上に設置する場合は、付近の樹冠より５０センチメートル程度高くするものとする。

（５）対空標識の保全等のために標識板上に[　　]を標示する。

4．撮影

飛行機に求められる性能

（1）安定性がよいこと。
（2）視界がよいこと。
（3）カメラ視界の確保。
（4）操縦性がよいこと。
（5）飛行速度が適宜変えられること。
（6）上昇限度が高く，上昇率が大きいこと。
（7）航続距離が長いこと。
（8）GNSS／IMU装置が取り付け可能であること。

カメラの条件

（1）内部定位が正確に分かっていること。
（2）レンズの歪曲収差が小さく，かつ正確に分かっていること。
（3）カメラの指標間距離が正しく与えられていること。
（4）フイルムの平面性が保たれること。
（5）デジタルの場合は画素に落ちが無いこと。

5．刺針

撮影した写真で標定点（対空標識）が確認できない場合は、代わりに大型の建物や交差点の角などに針で穴をあけて標定点とする。この作業を刺針という。

6．現地調査

予察：写真に[　　]、写真で[　　]、空中写真撮影後に変化があった地形・地物を把握する。

調査：予察で把握した事項および、[　　]や写真に写らない[　　]等を現地に行き測量・調査する。

6．同時調整

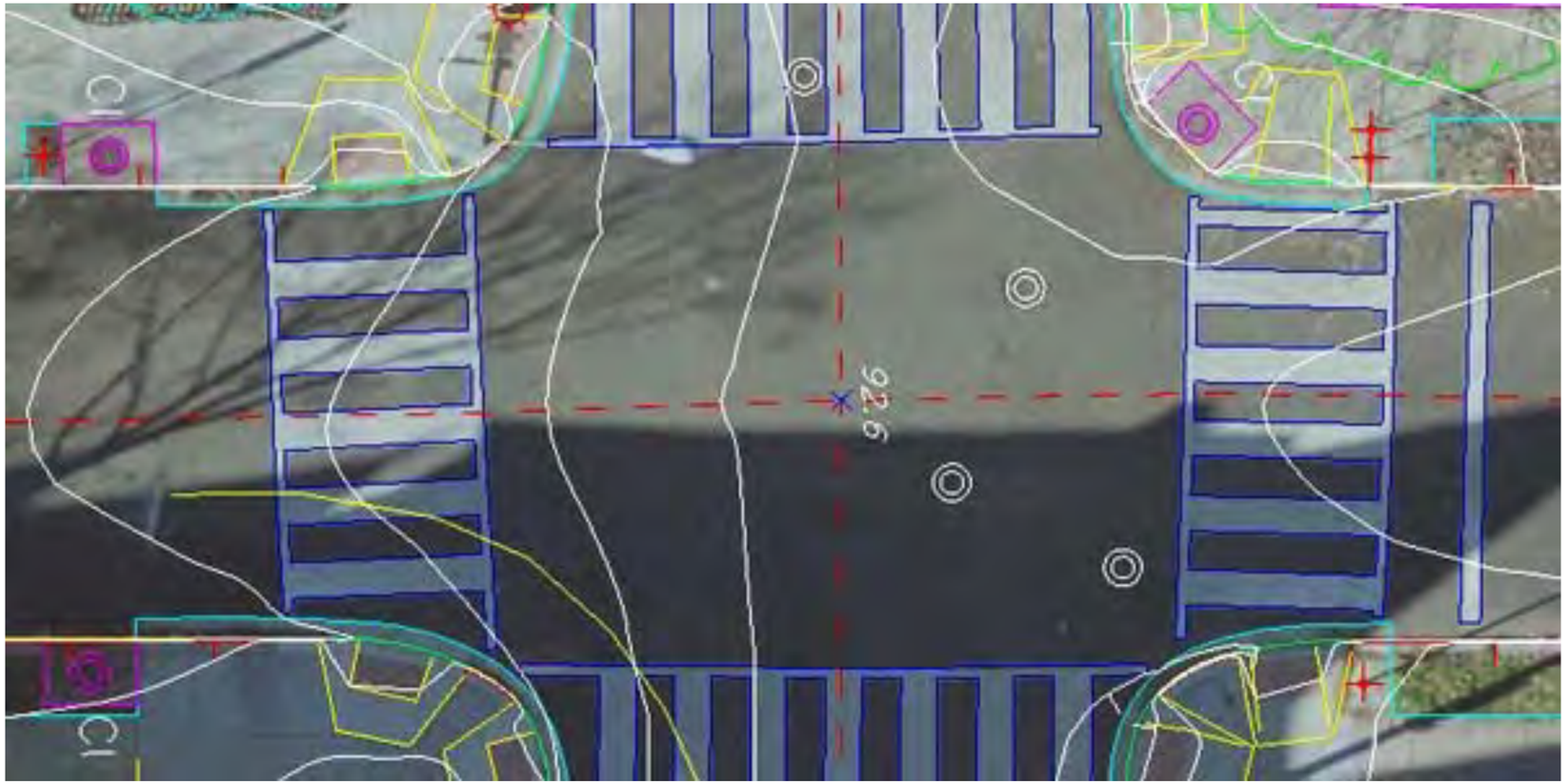
を用いて、空中三角測量により、パスポイント、タイポイント、標定点の写真座標を測定し、標定点成果及び撮影時に得られた（GNSS/IMU装置で）外部標定要素（GNSS/IMU装置で）を統合して調整計算を行い、各写真の外部標定要素の成果値、[　　]をいう。

パスポイントに囲まれた区域内を図化できる。

7．数値図化

・空中写真及び同時調整等で得られた成果を使用し、デジタルステレオ図化機により[　　]を構築し、地形、地物等の座標値を取得し、数値図化データを記録する作業

8. 数値編集



・現地調査等の結果に基づき、図形編集装置を用いて数値図化データを編集し、編集済データを作成する作業

９．補則編集

編集済データ及び出力図に表現されている重要な事項の確認を行い、必要部分を現地補測して、これらの結果に基づき編集済データを編集することにより、補測編集済データを作成する作業

（１）編集作業において生じた疑問事項及び重要な表現事項
（２）編集困難な事項
（３）現地調査以降に生じた変化に関する事項
（４）境界及び注記
（５）各種表現対象物の表現の誤り及び脱落

写真測量　3

写真地図を正射変換した正射投影画像作成の作業工程

オルソフォト

ポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序

作業工程

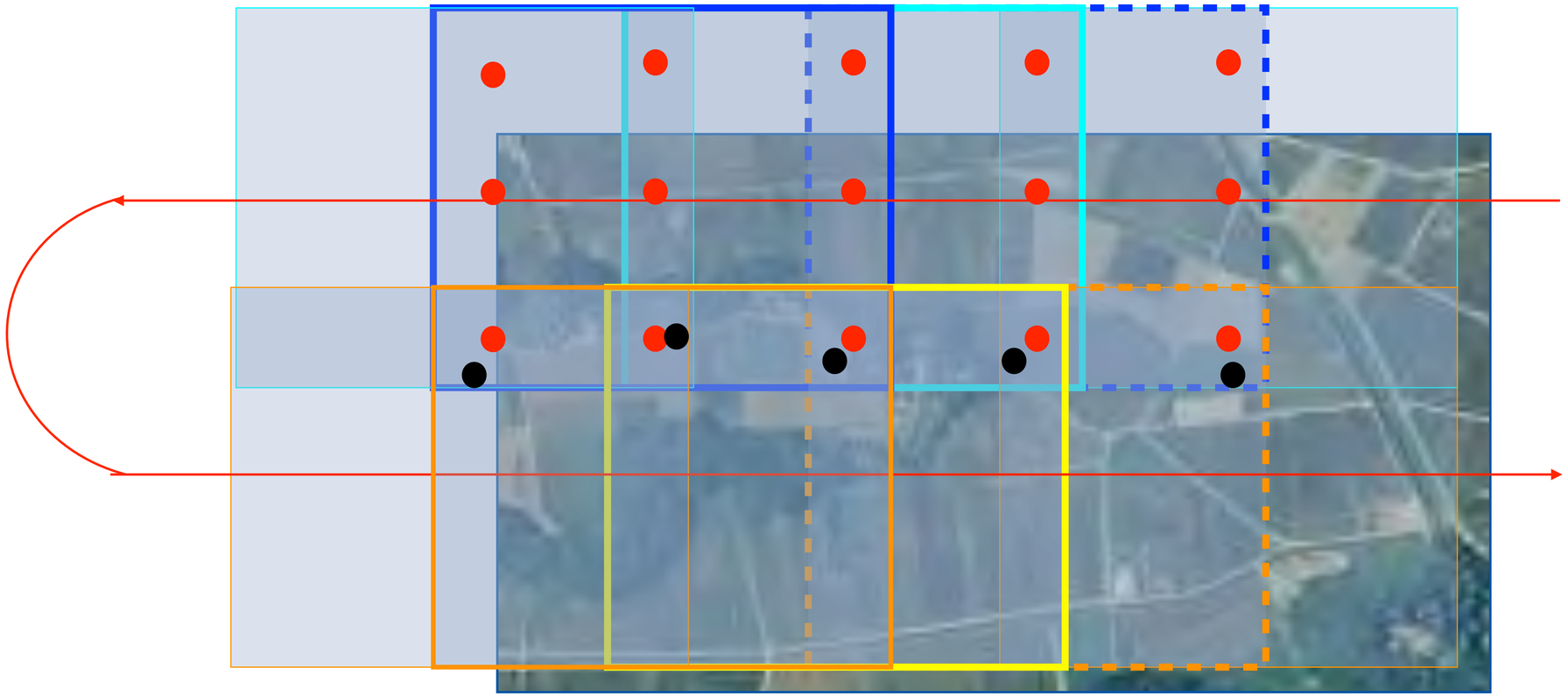
写真地図とは？

数値写真（空中写真をスキャナで読み込んでデジタル化したものまたはデジタルで撮影した空中写真）を、デジタルステレオ図化機等を用いて[　　]し、写真地図データフ ァイルを作成する作業をいい、必要に応じて隣接する正射投影画像をデジタル処理により結合させた[　　]を作成する作業

写真地図を正射変換した正射投影画像作成の作業工程

計画 → 標定点の設置 → 対空標識の設置 → 撮影 → 刺針 → 現地調査 → 同時調整 → 写真地図データファイルの作成 → 品質評価 → 成果等の整理

1．計画

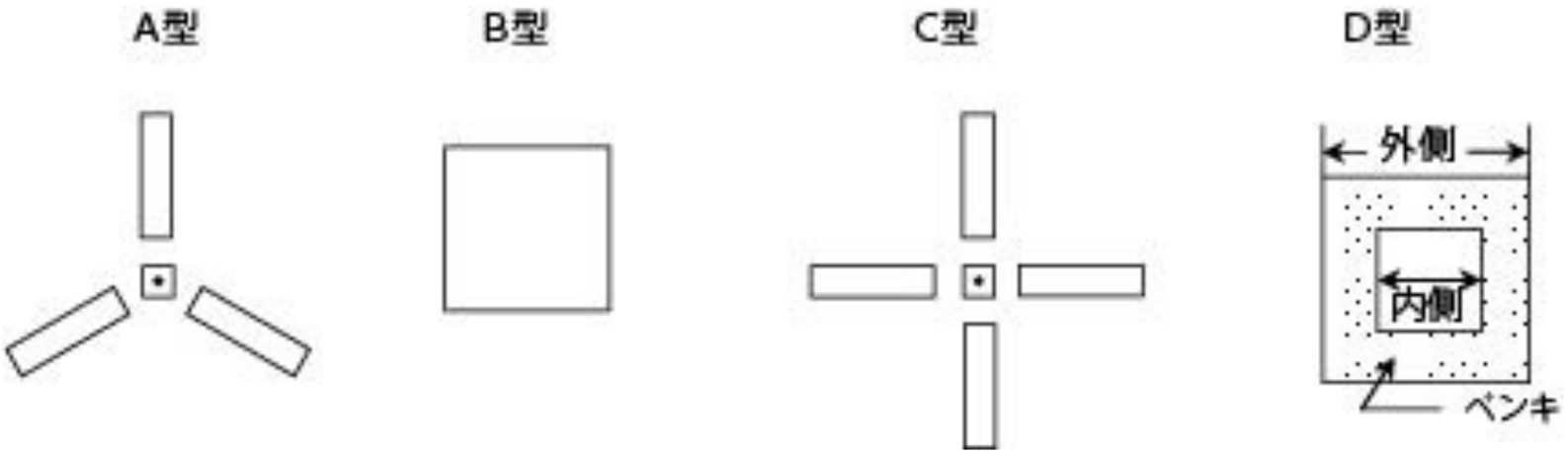


・計画では撮影区域、コース、標定点（タイポイント・パスポイント）等を決める。

2．標定点の設置

・同時調整に必要な、標高および標高がわかっている点のこと。隣接する写真に共通の標定点が写るようにする。既設の基準点を使ったり、大きな交差点の角を目印にする場合もあるが、足りなければ新しくを設置する。

３．対空標識の設置



（１）対空標識は、あらかじめ土地の所有者又は管理者の許可を得て、堅固に設置する。

（２）対空標識の各端点において、天頂からおおむね４５度以上の上空視界を確保する。

（３）バックグラウンドの状態が良好な地点を選ぶものとする。

（４）樹上に設置する場合は、付近の樹冠より５０センチメートル程度高くするものとする。

（５）対空標識の保全等のために標識板上にイ 公共測量 ・計画機関名 ・作業機関名を標示する。

4．撮影

飛行機に求められる性能

（1）安定性がよいこと。
（2）視界がよいこと。
（3）カメラ視界の確保。
（4）操縦性がよいこと。
（5）飛行速度が適宜変えられること。
（6）上昇限度が高く，上昇率が大きいこと。
（7）航続距離が長いこと。
（8）GNSS／IMU装置が取り付け可能であること。

カメラの条件

（1）内部定位が正確に分かっていること。
（2）レンズの歪曲収差が小さく，かつ正確に分かっていること。
（3）カメラの指標間距離が正しく与えられていること。
（4）フイルムの平面性が保たれること。
（5）デジタルの場合は画素に落ちが無いこと。

5．刺針

撮影した写真で標定点（対空標識）が確認できない場合は、代わりに大型の建物や交差点の角などに針で穴をあけて標定点とする。この作業を刺針という。

6．現地調査

予察：写真に写らなかった箇所、写真で判読できない情報、空中写真撮影後に変化があった地形・地物を把握する。

調査：予察で把握した事項および、注記に必要な情報や写真に写らない境界等を現地に行き測量・調査する。

6．同時調整

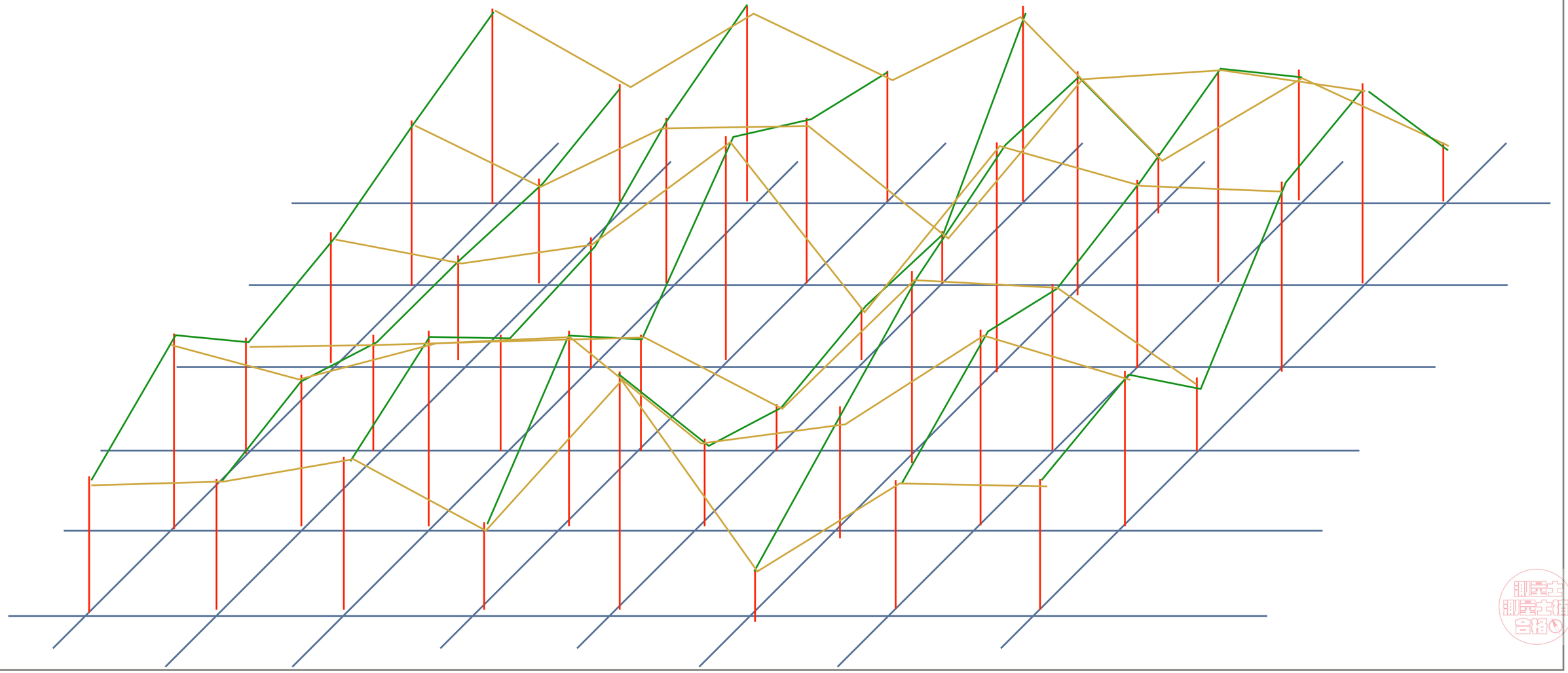
デジタルステレオ図化機を用いて、空中三角測量により、パスポイント、タイポイント、標定点の写真座標を測定し、標定点成果及び撮影時に得られた（GNSS/IMU装置で）外部標定要素（GNSS/IMU装置で）を統合して調整計算を行い、各写真の外部標定要素の成果値、パスポイント、タイポイント等の水平位置及び標高を決定する作業をいう。

7．数値地形モデルの作成

・ブレークライン法等により標高を取得し、数値地形モデルファイルを作成する作業をいう

DTM（数値地形モデル）

地表面で格子状に点を取り、標高等の情報を記録したもの



８．正射変換

・数値写真を中心投影から　　に変換し、
正射投影画像を作成する作業をいう。

9．モザイク

隣接する正射投影画像をデジタル処理により結合させ、[　　]を作成する作業。水平位置の精度を満たしている必要がある。位置や色のズレをデジタル処理で補正する。

写真測量　4

航空レーザ測量

DTM　DSM　GNSS/IMU　フィルタリング

ポイント

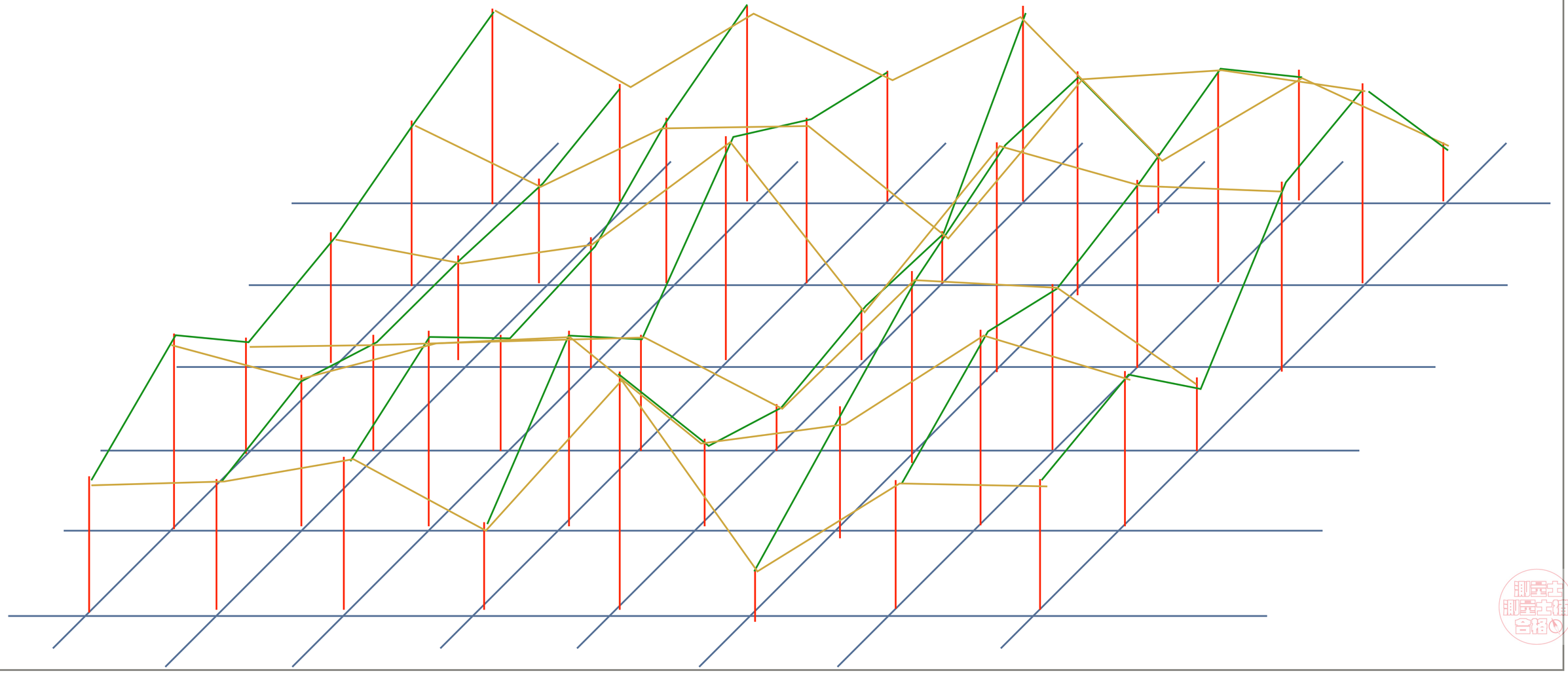
- 航空レーザ測量の概要
- 各作業工程の内容
- 作業の順序

航空レーザ測量とは？

航空レーザ測量システムを用いて地形を計測し、格子状の標高データである　　（グリッドデータ・DTMとほぼ同義）等の数値地形図データファイルを作成すること。航空機以外のおもな機械は「　　」と「　　（慣性計測装置）」

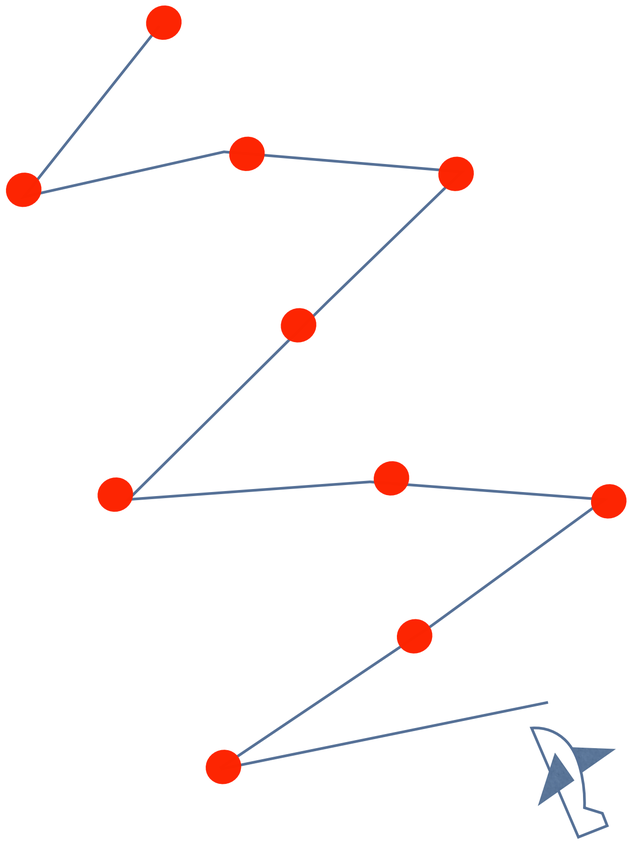
DTM（数値標高モデル）

地表面で格子状に点を取り、標高等の情報を記録したもの



スキャン式レーザ測距装置

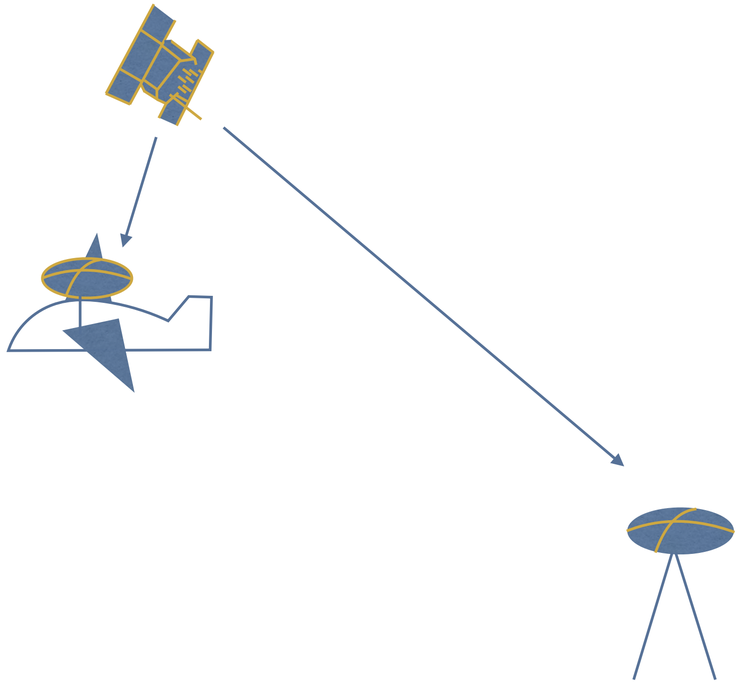
を航空機の進行方向と直角に斜め下方にスキャンしながら発射し、その反射波の到達時間から反射点までの距離を測定する。航空機の進行と共にスキャンするので，反射点（照射点，計測点）の軌跡は
になる。



GNSS/IMU装置

GNSS

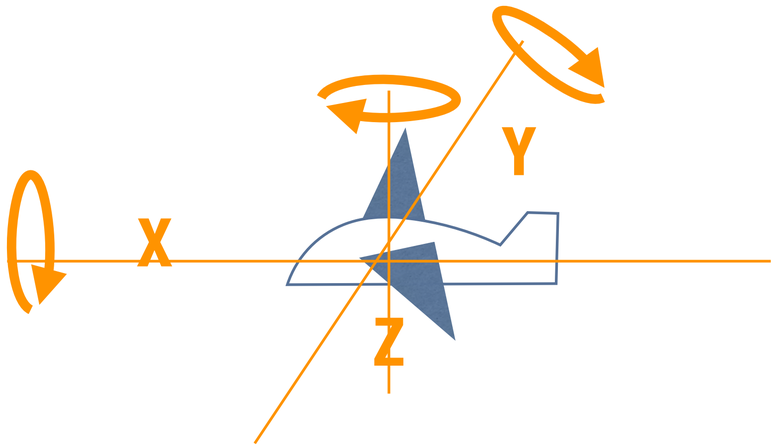
電子基準点または既知点（基準局）の間で連続キネマティック方式による干渉測位を行うことにより、飛行機のスキャナ中心位置を計測している。しかし，航空機は高速で移動するため，その間のデータはＩＭＵの加速度データで補間している。



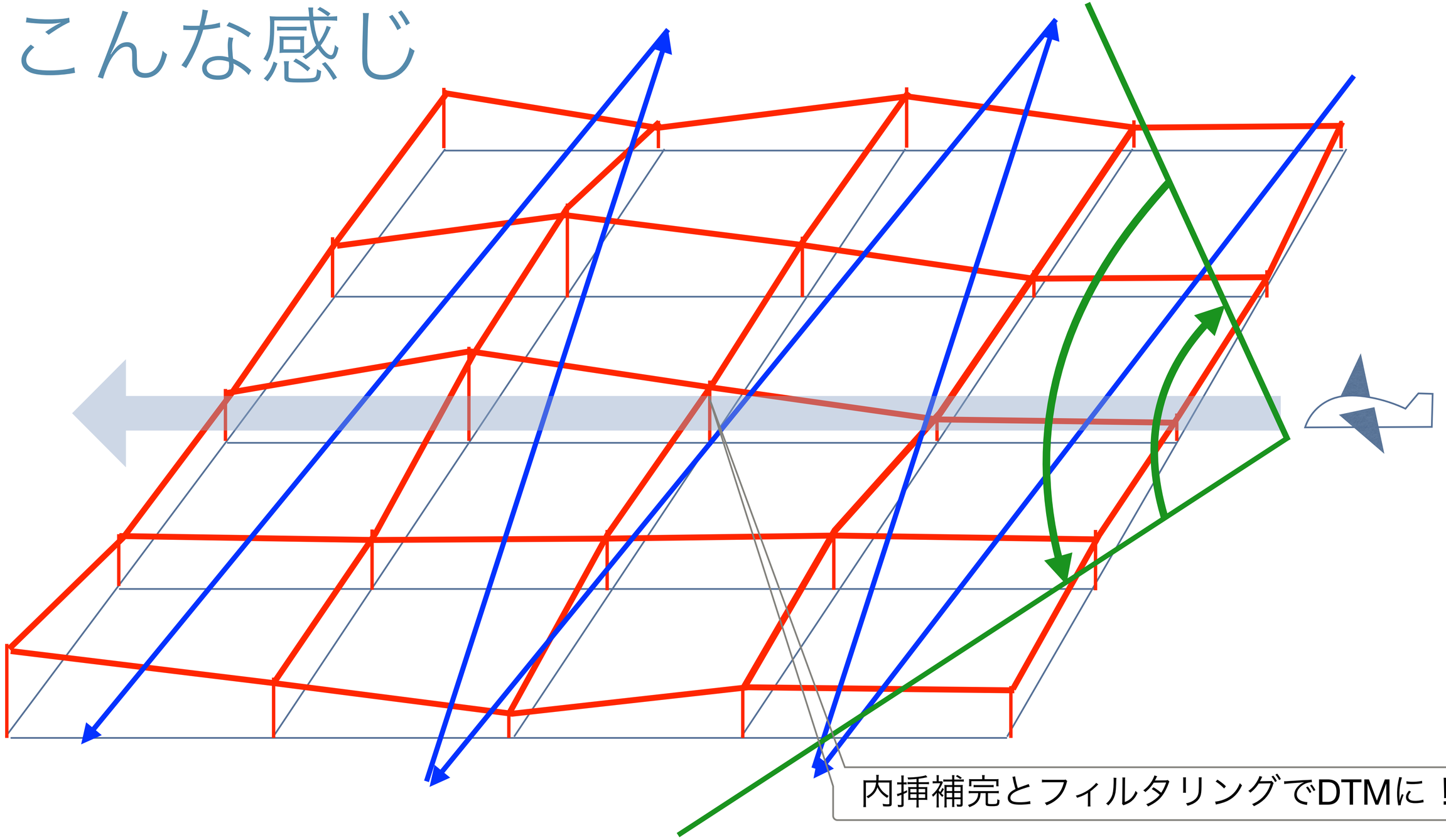
IMU

３軸ジャイロと加速度計から構成されている。

３軸ジャイロによってヘッド・ヨー・ピッチ・ロールが検出されレーザスキャン装置の軸方向の傾きが求められる。

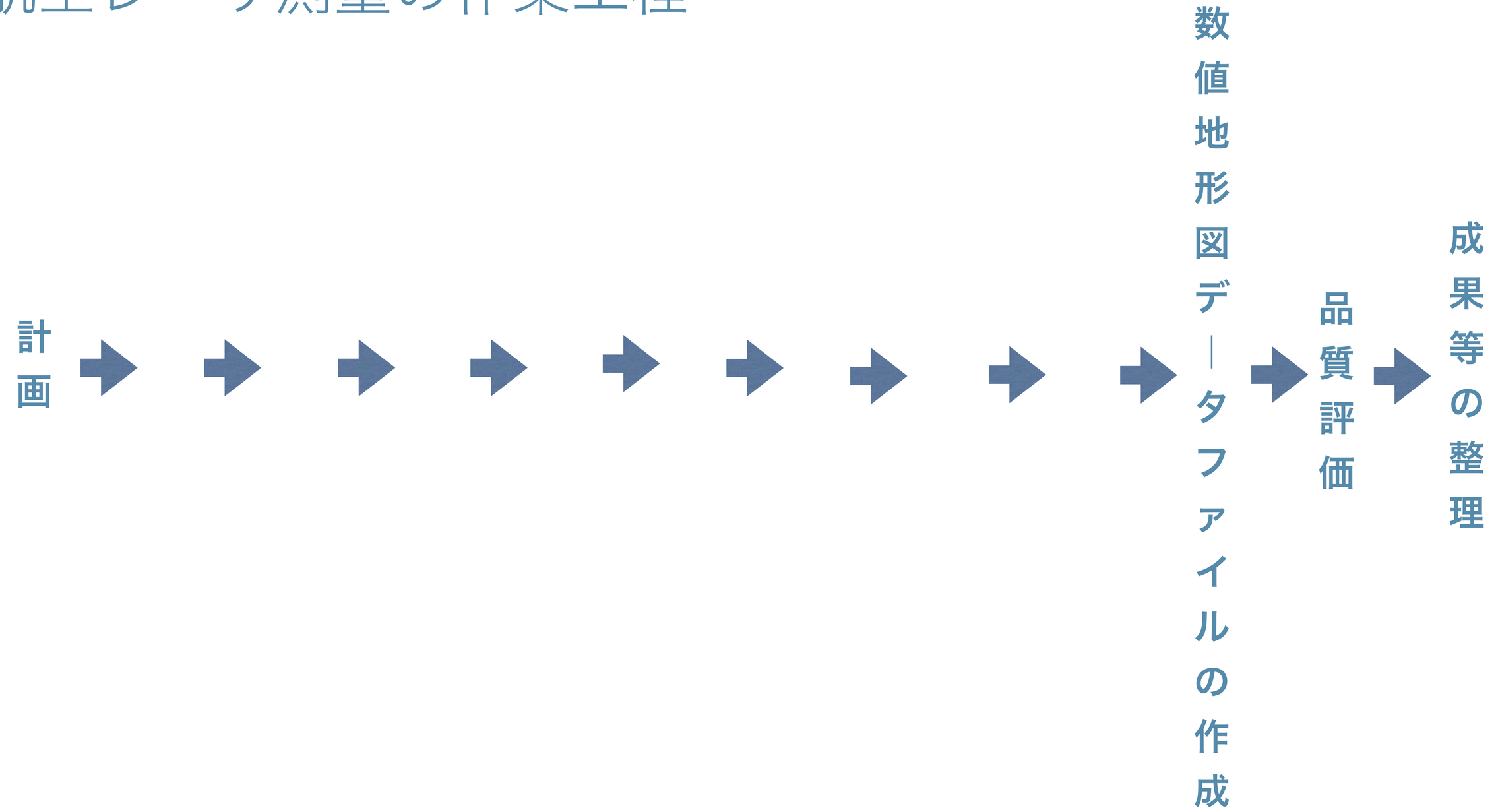


こんな感じ

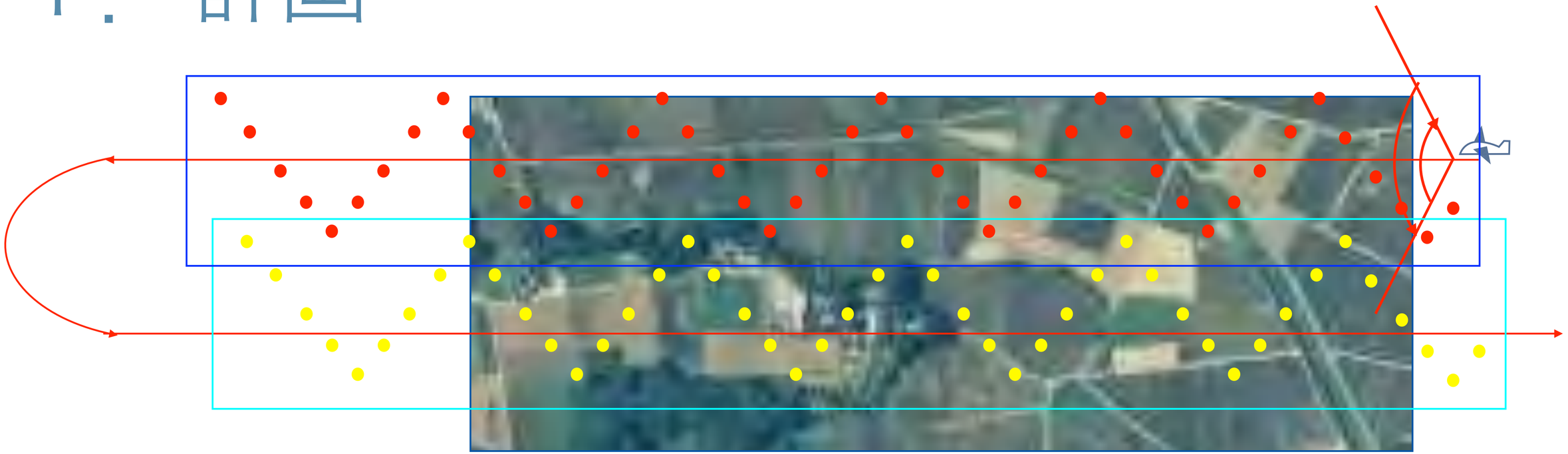


作業工程

航空レーザ測量の作業工程



１．計画

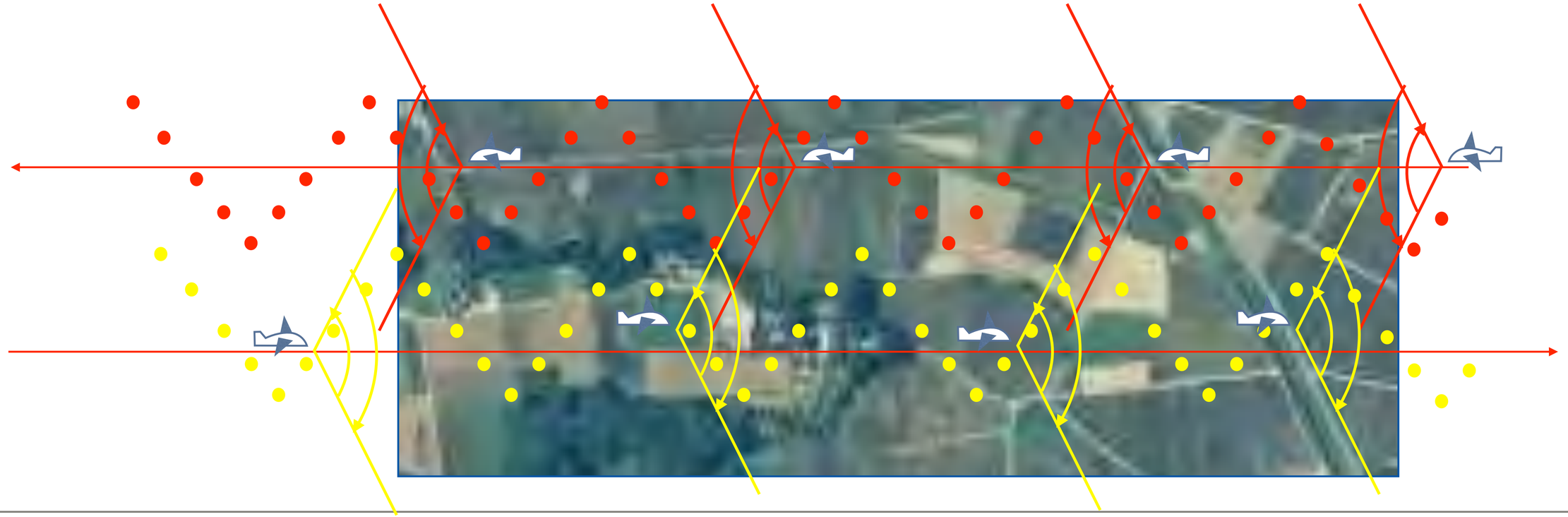


・ＧＮＳＳ衛星配置等を考慮して、計測諸元、飛行コース、固定局の設置場所及びＧＮＳＳ観測について計画する。SLは30%程度。

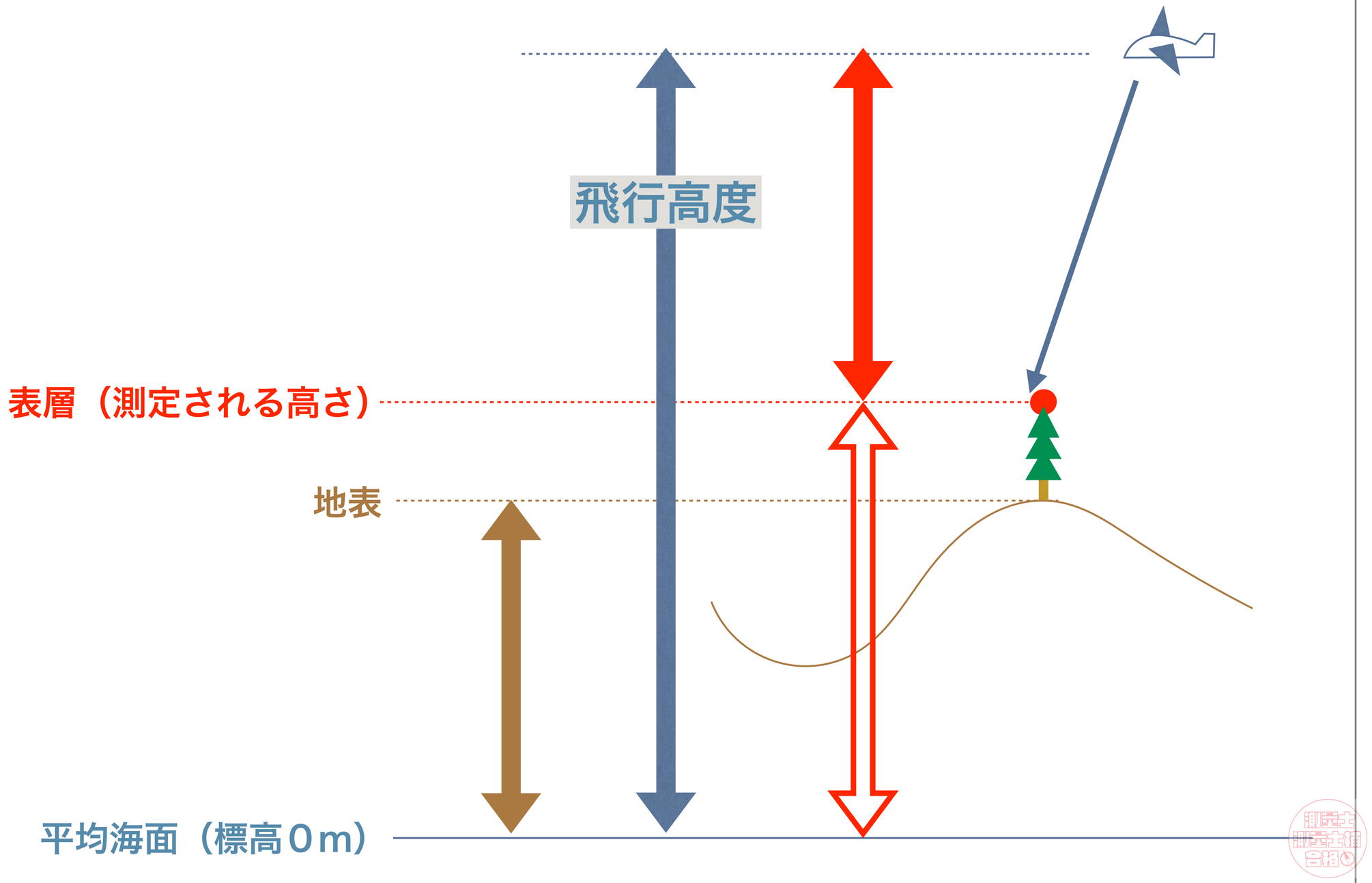
2．固定局の設置

・レーザ測距装置の位置をキネマティック法で求めるための地上固定局を設置する。普通、[　　]を使う。基線が50km以内。使えない場合は[　　]級基準点測量・[　　]級水準測量で固定点を設置する。

３．航空レーザ計測



固定局のＧＮＳＳ観測データ、航空機上のＧＮＳＳ観測データ、ＩＭＵ観測データ[　　]及びレーザ測距データ[　　]について行う。写真も撮る。


飛行高度
表層（測定される高さ）
地表
平均海面（標高０m）

４．調整用基準点の設置

水平位置：[　　]基準点測量

標高：[　　]水準測量

５．3次元計測データ作成

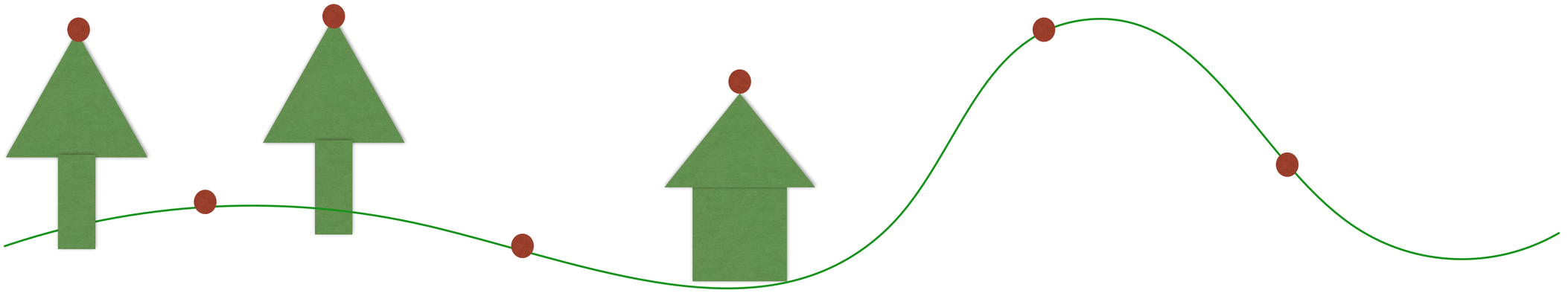
・航空レーザ計測データを統合解析し、計測位置の三次元座標データを作成する。

（１）計測エラー部分を削除
（２）１ｃｍ単位
（３）オルソフォトを作成
（４）データの欠測率を点検

5．オリジナルデータ作成

・三次元計測データから調整用基準点成果を用いて点検・調整した三次元座標データを作成する作業

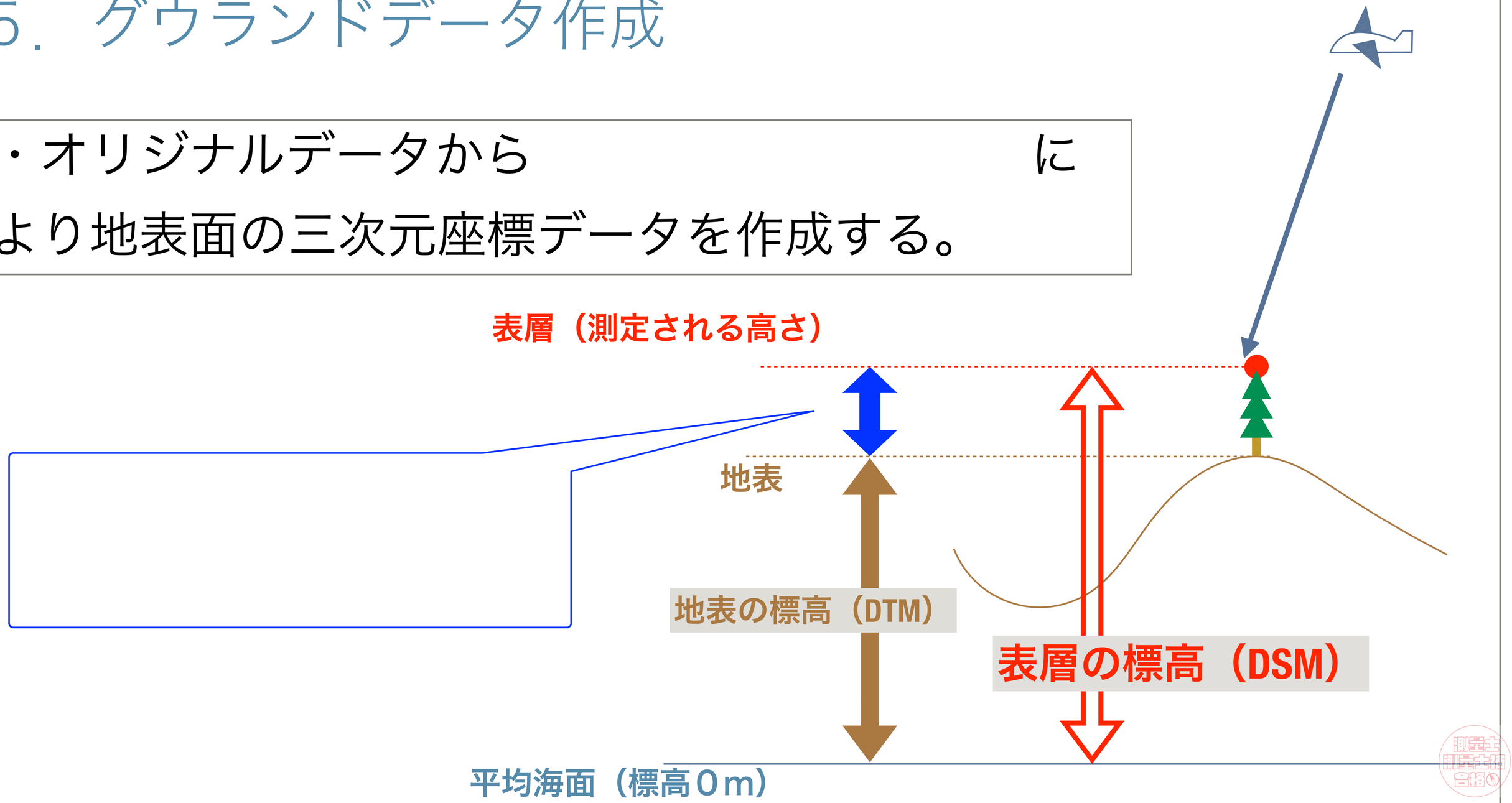
この時点ではまだDSM（　　）



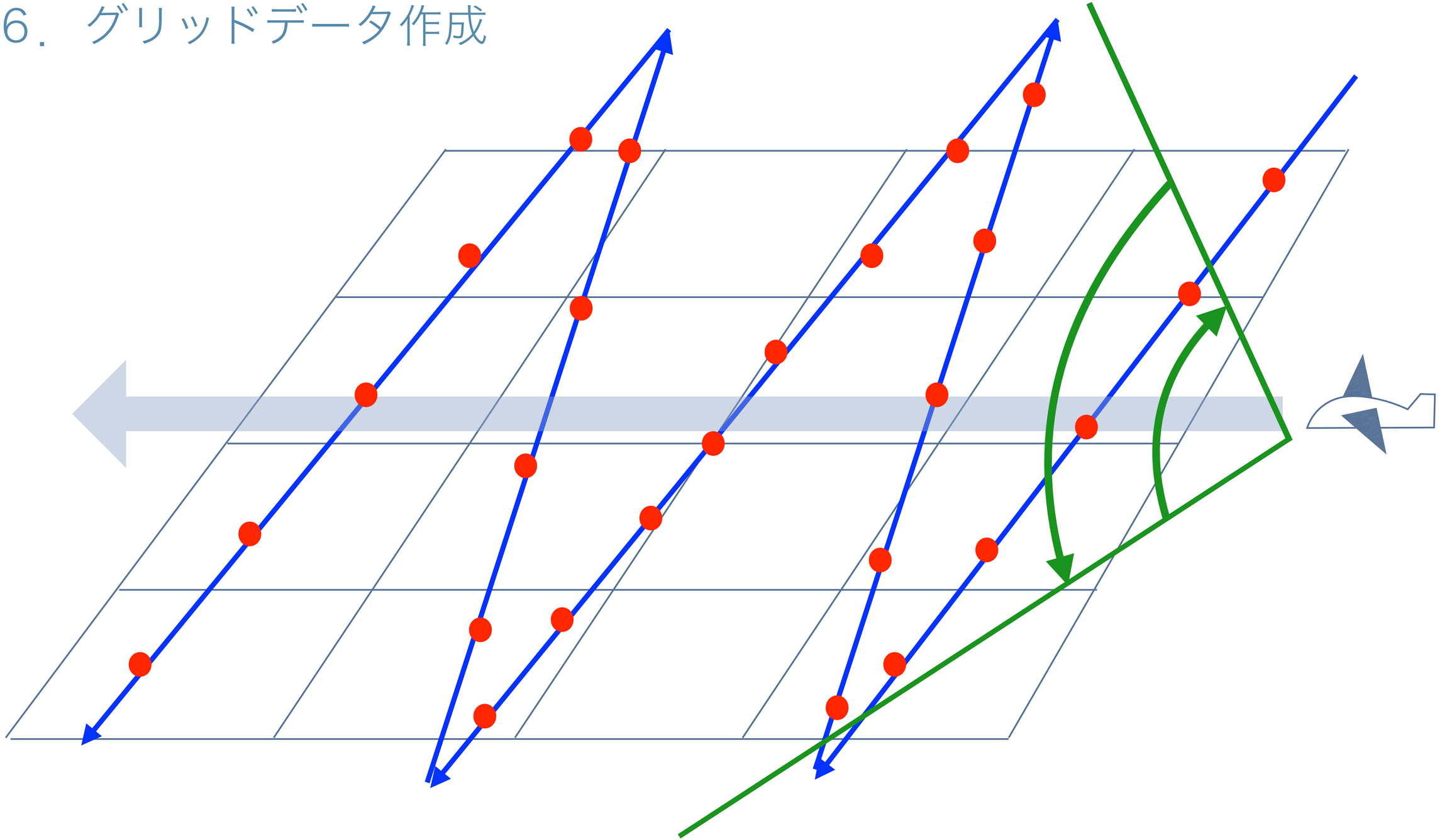
表面（建物・樹木等の地物の表面）の標高

5．グウランドデータ作成

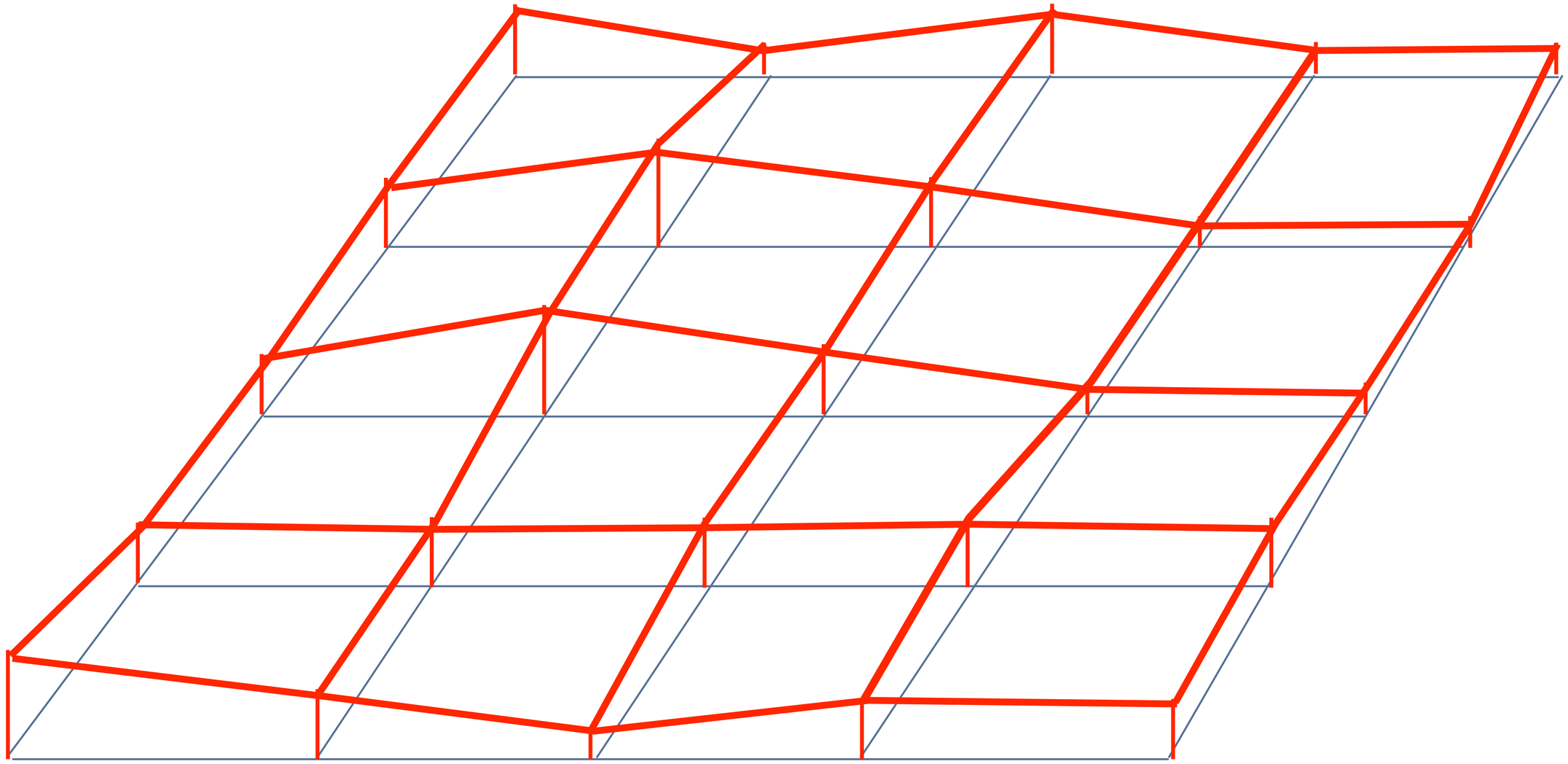
・オリジナルデータから　　に
より地表面の三次元座標データを作成する。



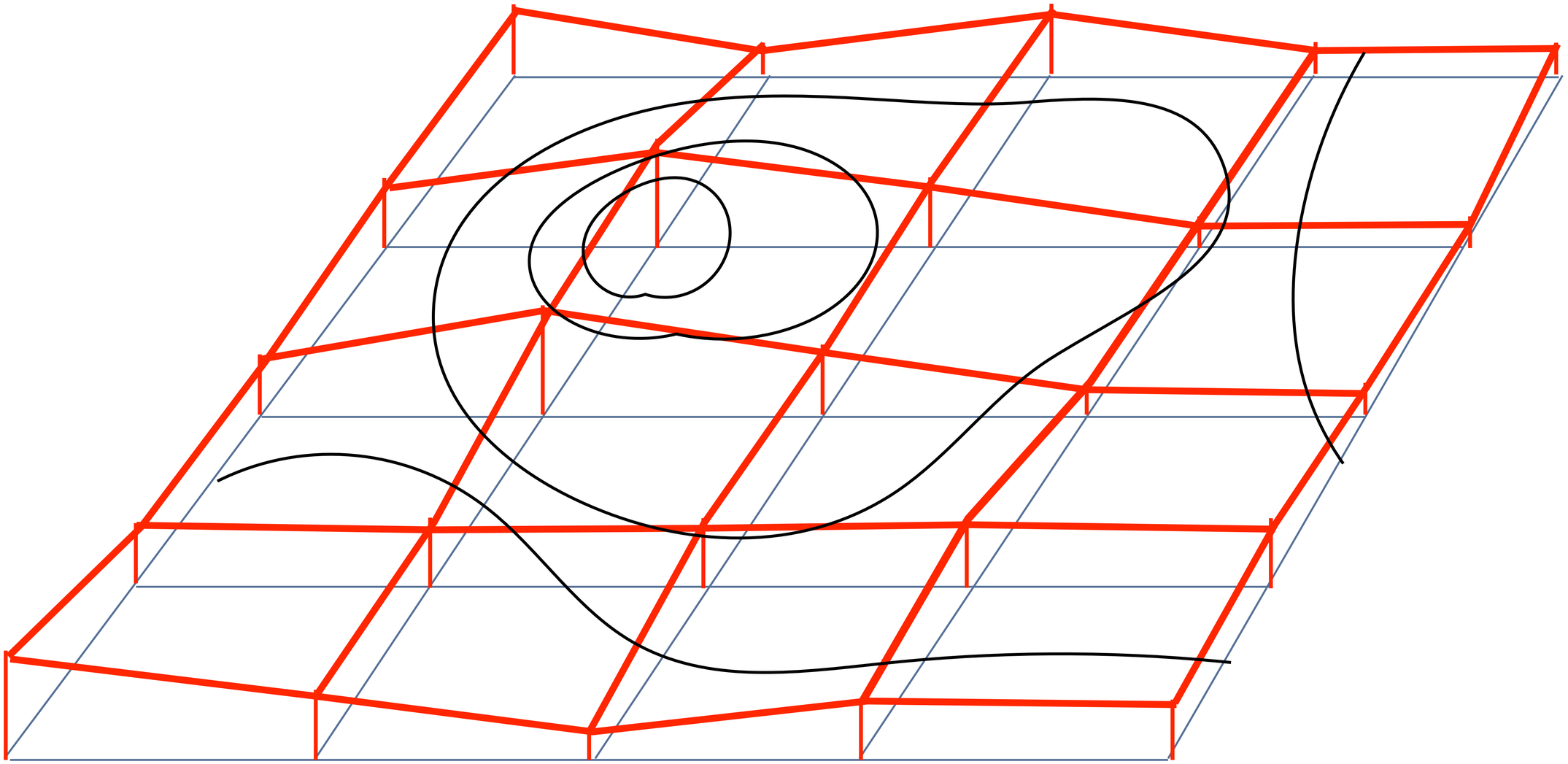
6．グリッドデータ作成



グリッドデータ（DTM）



7．等高線データの作成



8．数値地形図データファイルの作成

製品仕様書に従って数値地形図データファイルを作成し、電磁的記録媒体に記録する作業

１１．品質評価・成果等の整理

・製品仕様書の使用を満足しているか評価し、場合によっては測量にあたって使用・作成した帳簿・書類をまとめ、社内又は第三者機関の検査をうける。

写真測量　5

デジタルステレオ図化機

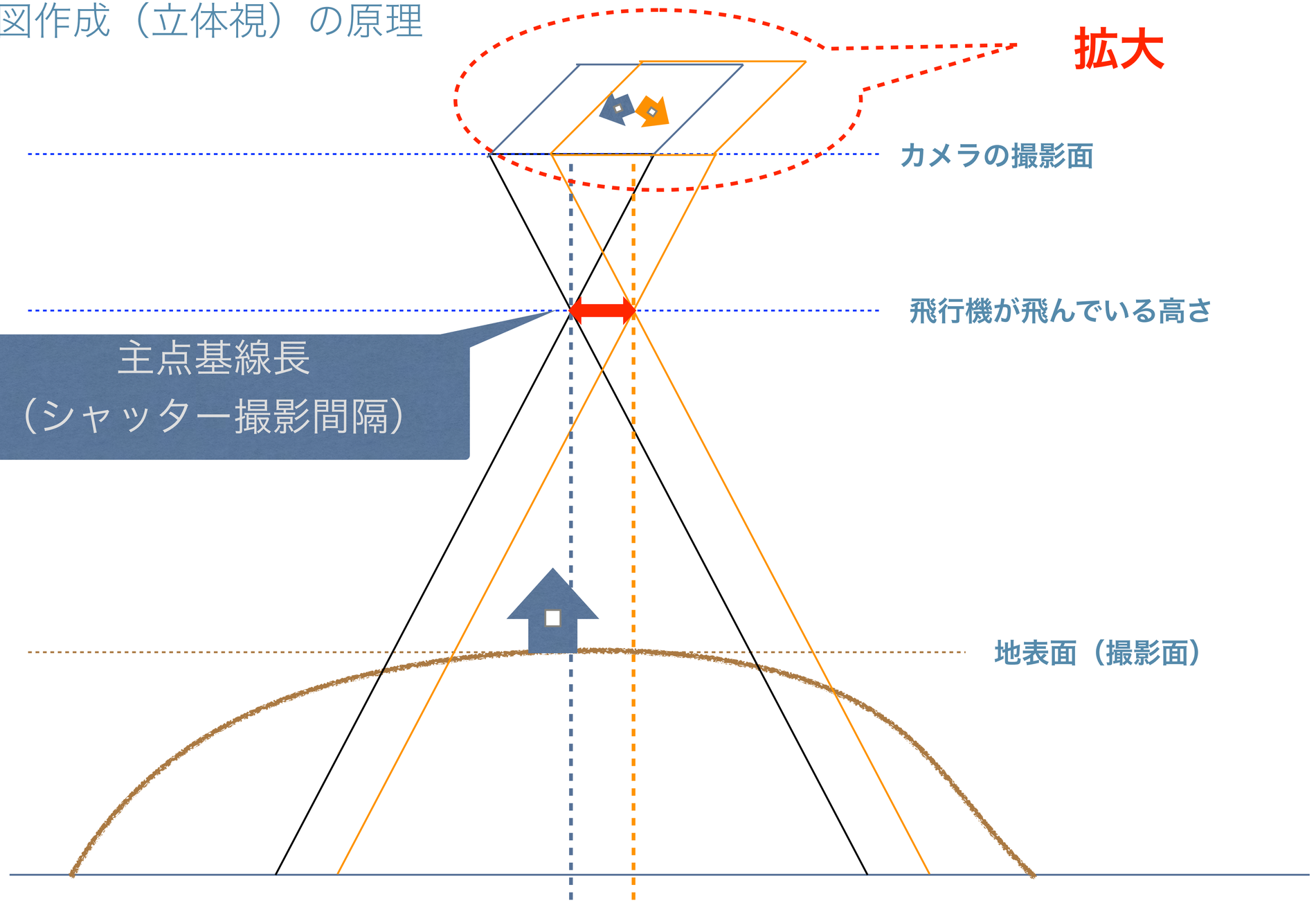
スキャナ　XYV　ステレオ視装置　デジタル画像

ポイント

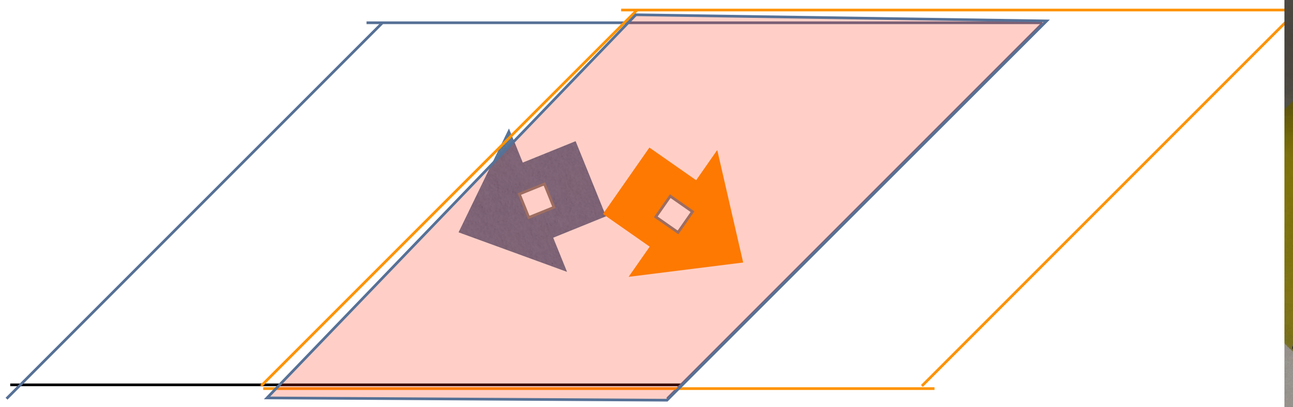
・写真測量の原理の確認

・デジタルステレオ図化機の特徴

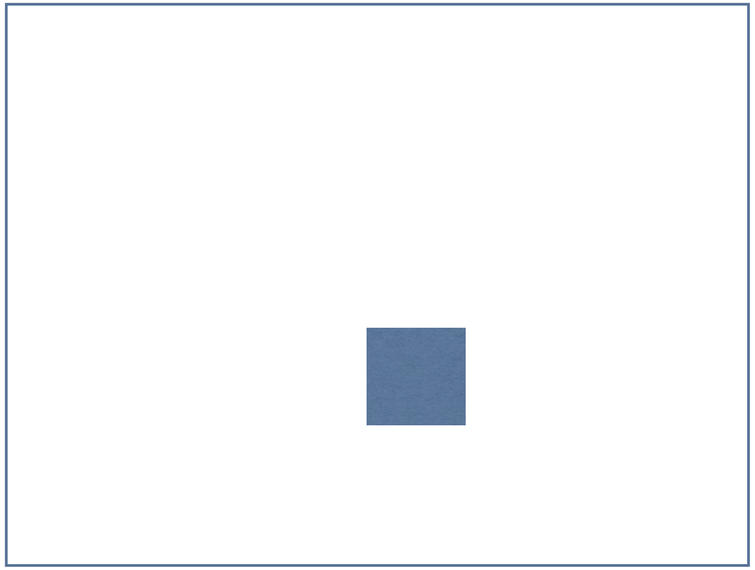
地図作成（立体視）の原理



地図作成（立体視）の原理



立体視



正射投影（真上から見た図）

地図作成（立体視）の原理

地図作成（立体視）の原理

地図作成（立体視）の原理

図化機とは？

写真の撮影時の状況を再現し、立体視して地形図を作成する機械

実際に現像した写真を並べる（標定という）。立体視し浮かび上がったものをハンドル操作で写し取る。超むずい。いまは使われていない。

デジタル画像（最初からデジタルで撮影または写真をスキャナでデジタル化）ソフトウエア上で標定（撮影時にGNSS／IMU装置でカメラの状態がわかっているので簡単）し、立体視できたものをハンドルやマウスのポイント操作により図化する。

図化機とは？

アナログ図化機（ウイルドA8）

写真置くとこ

写真置くとこ

覗くとこ。写真が浮かび上がって見える。

左ハンドル
くるくる回すと立体視した画像を写しとるペンがY軸方向に動く

右ハンドル
こっちはX軸

ペダル
踏みつつハンドルを回すと線をかける。

デジタルステレオ図化機

３Dメガネを掛けると立体的に見える

標定はほぼ内部計算で自動

ハンドルやペダルもあるけど、３Dマウスでも操作できるので楽。

https://www.youtube.com/watch?v=v_ub1brZLqw

デジタルステレオ図化機の機能と特徴

立体観測表示（３Dメガネ着用），同時調整（自動内部標定，相互標定，絶対標定，画像マッチングによる自動空中三角測量），数値標高モデル自動作成，オルソフォト自動作成，オルソフォトモザイク，オルソフォトステレオペアの作成

問題として出題されるのは

（１）　　を画面上で確認することができる。

（２）　　を作成することができる。

（３）　　を介して　　を表示することができる

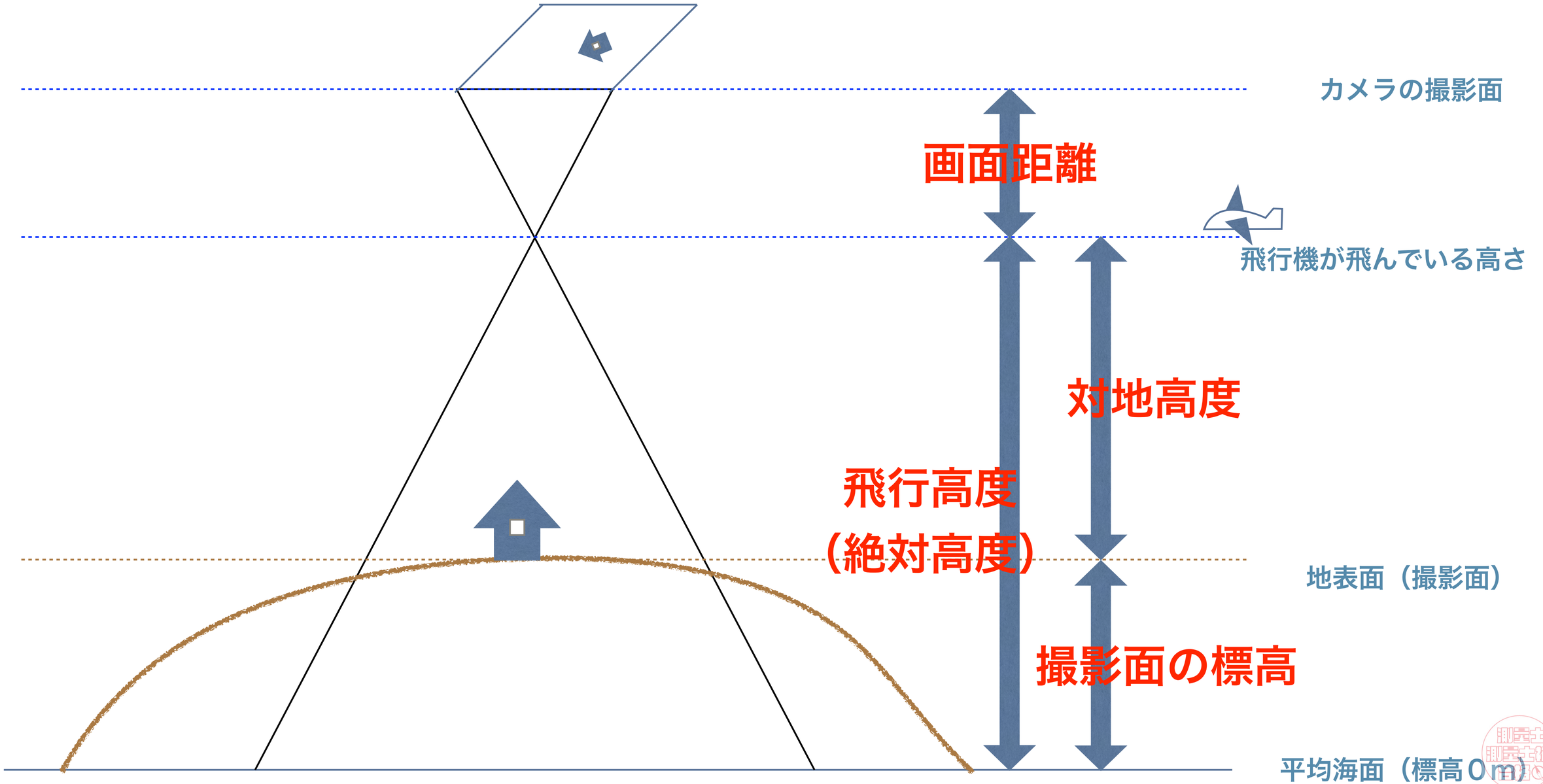
（４）　　をスキャナで　　できる。

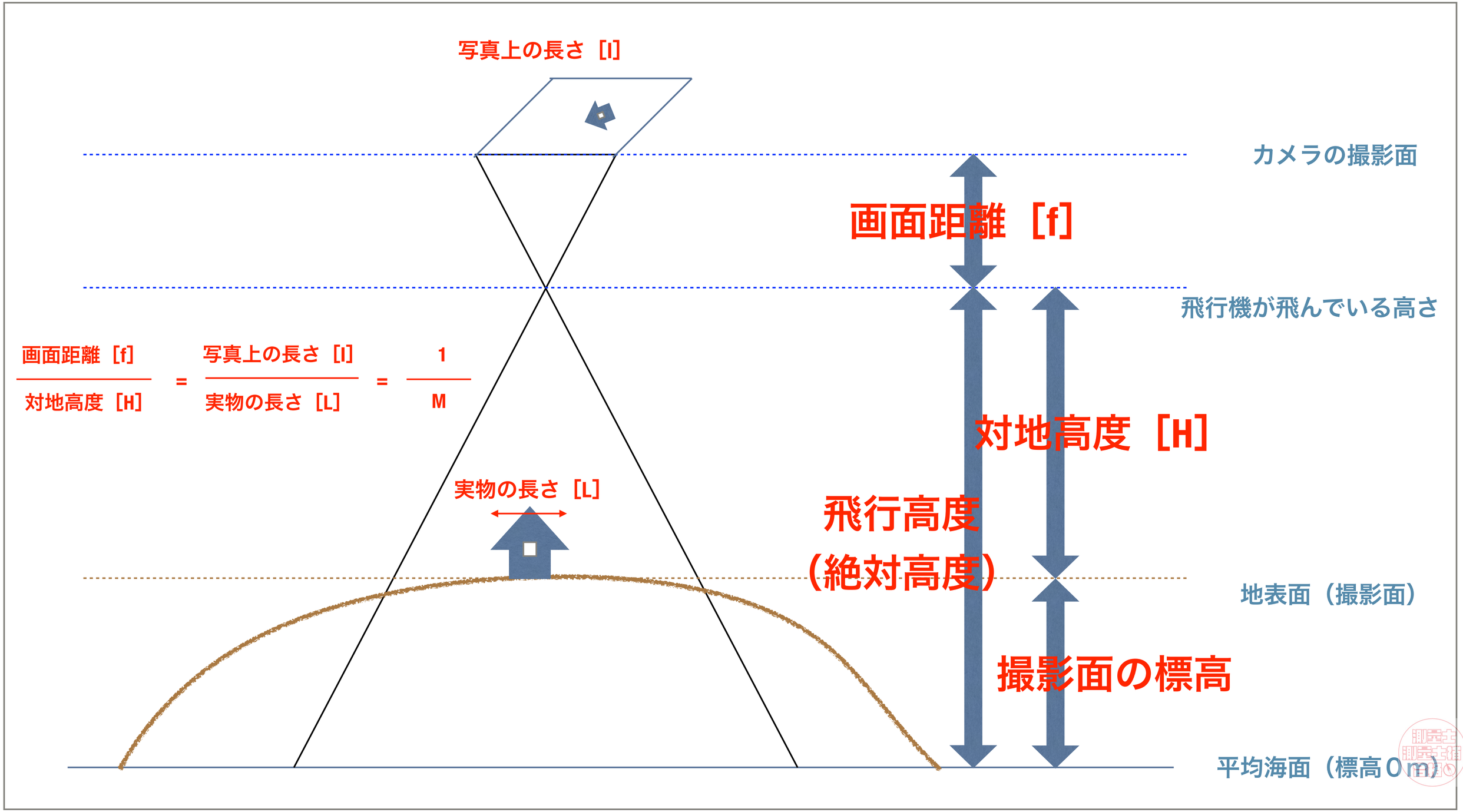
（５）　　を用いた　　を行うことができる。

当たり前ですが、点検や調整は省略できません。

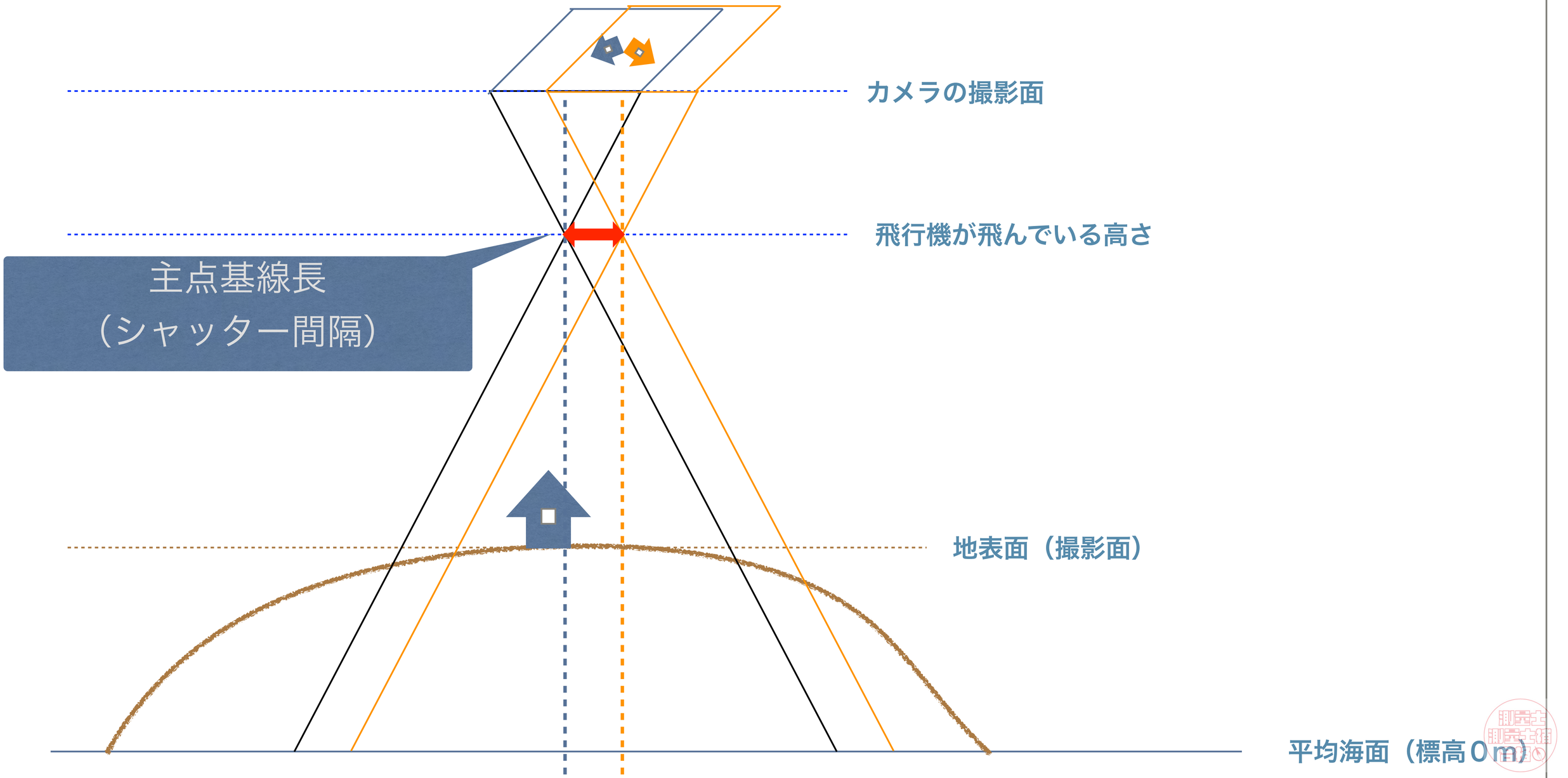
写真測量　6

主点基線長やOLを求める計算問題

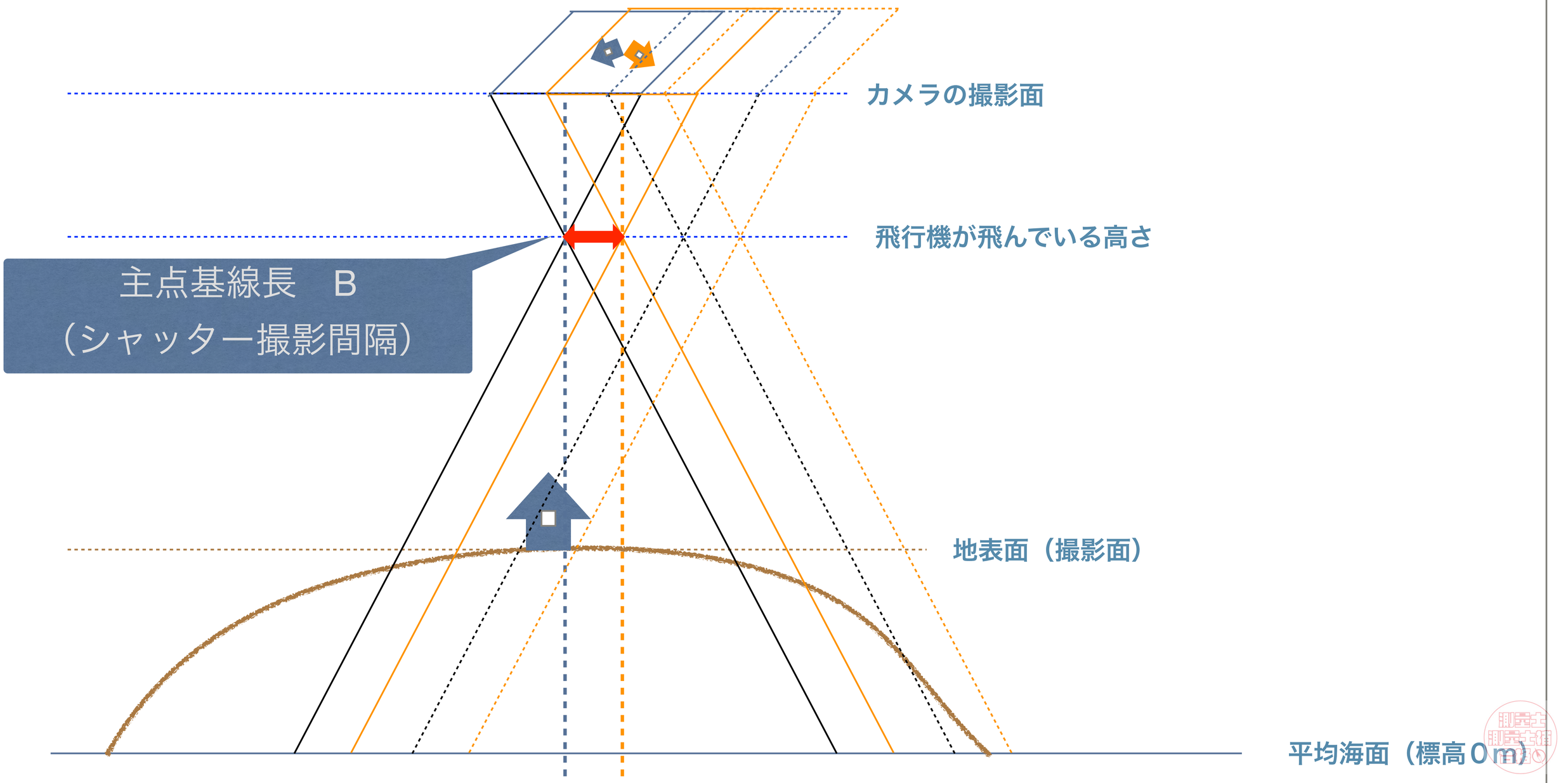

カメラの撮影面
画面距離
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）


写真上の長さ［l］
カメラの撮影面
画面距離［f］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
対地高度［H］
実物の長さ［L］
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）

地図作成（立体視）の原理

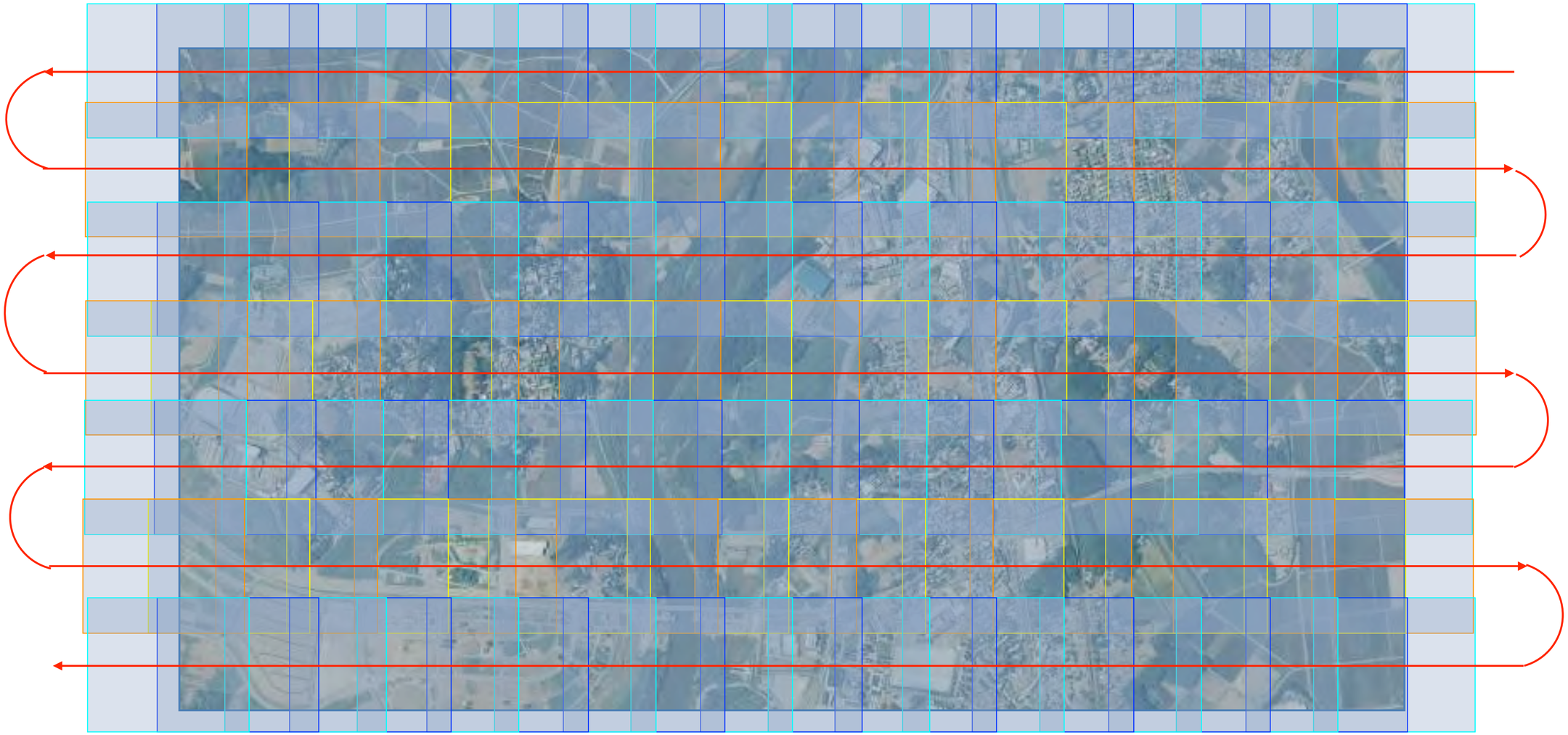


地図作成（立体視）の原理

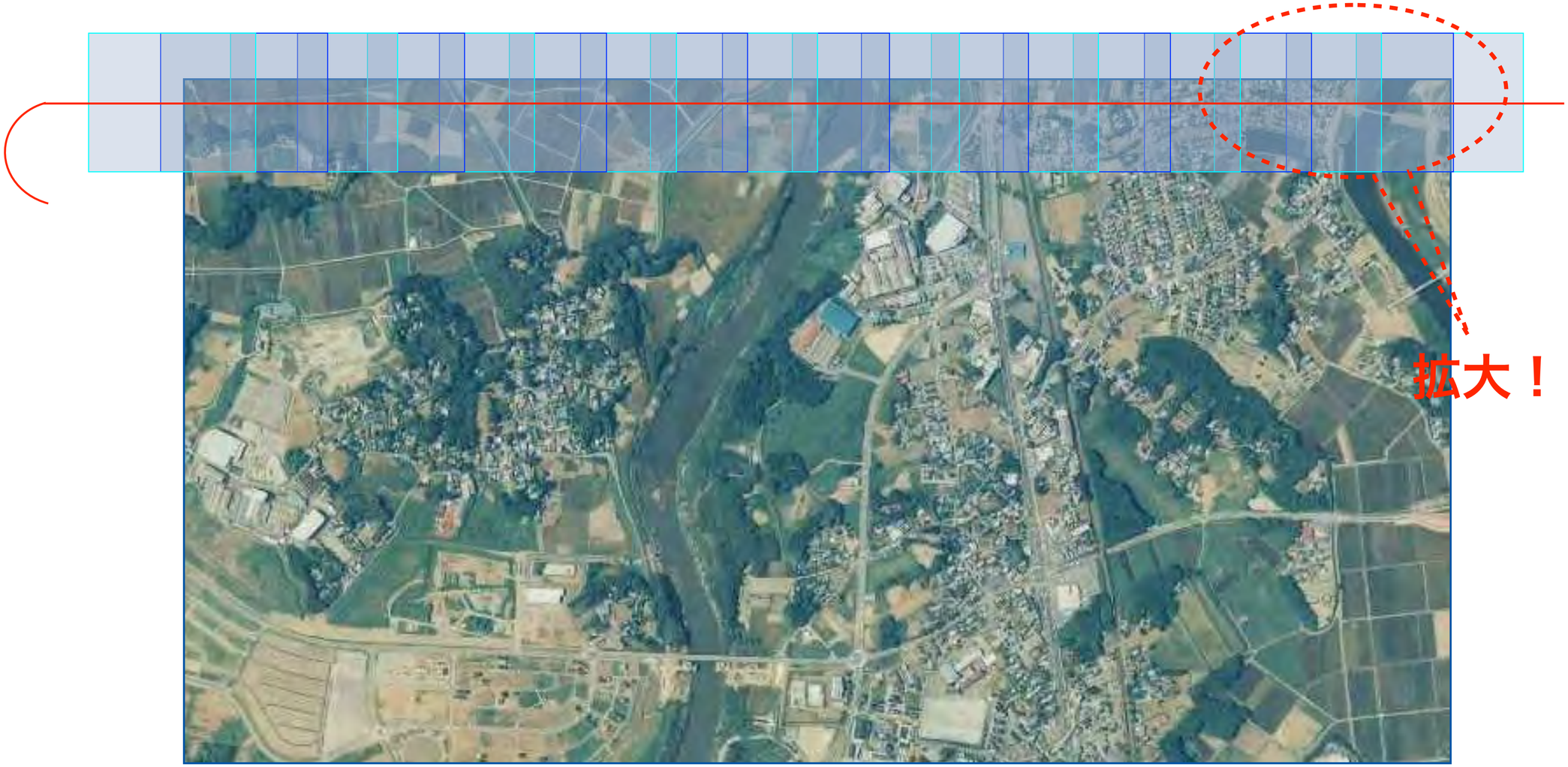


写真の撮影

コース（普通東西にとる）



写真の撮影

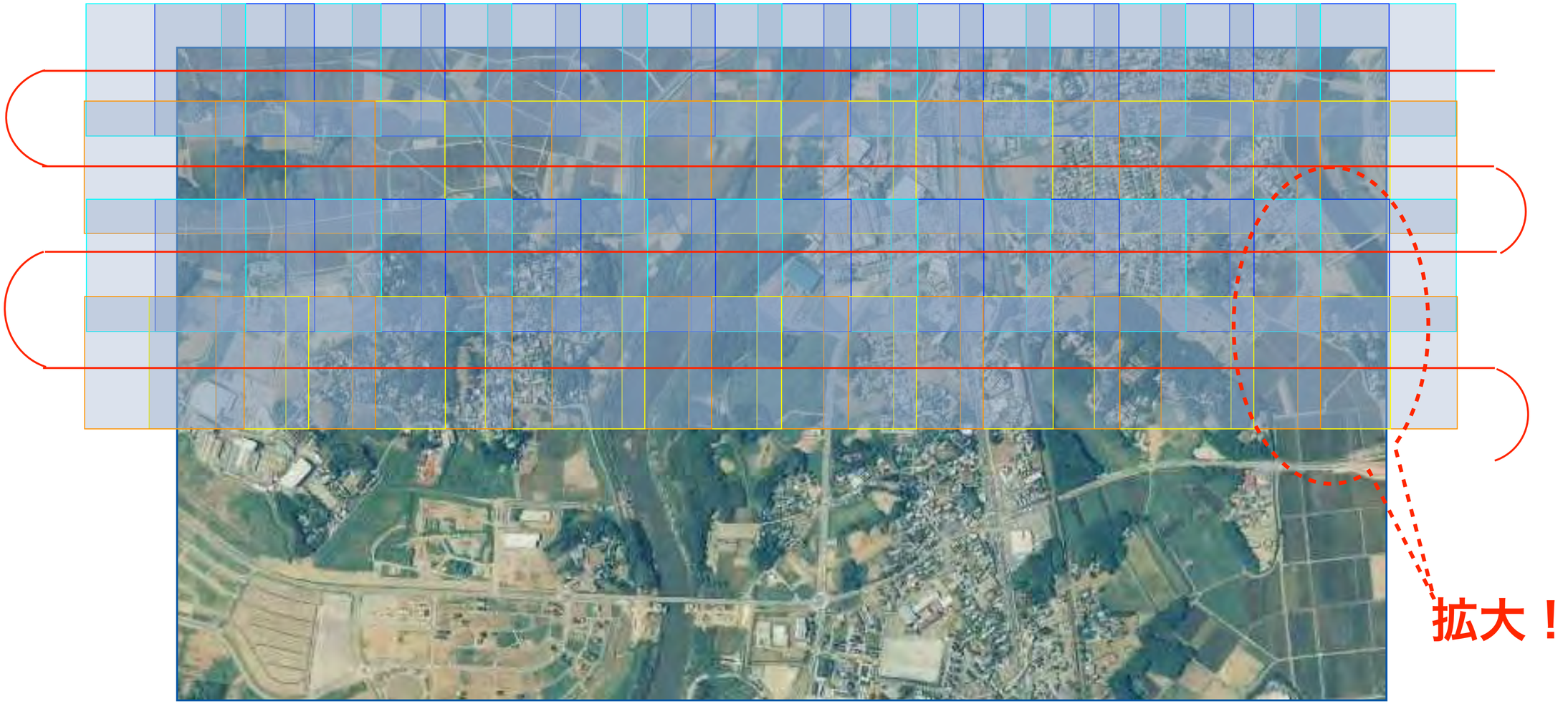


オーバーラップ

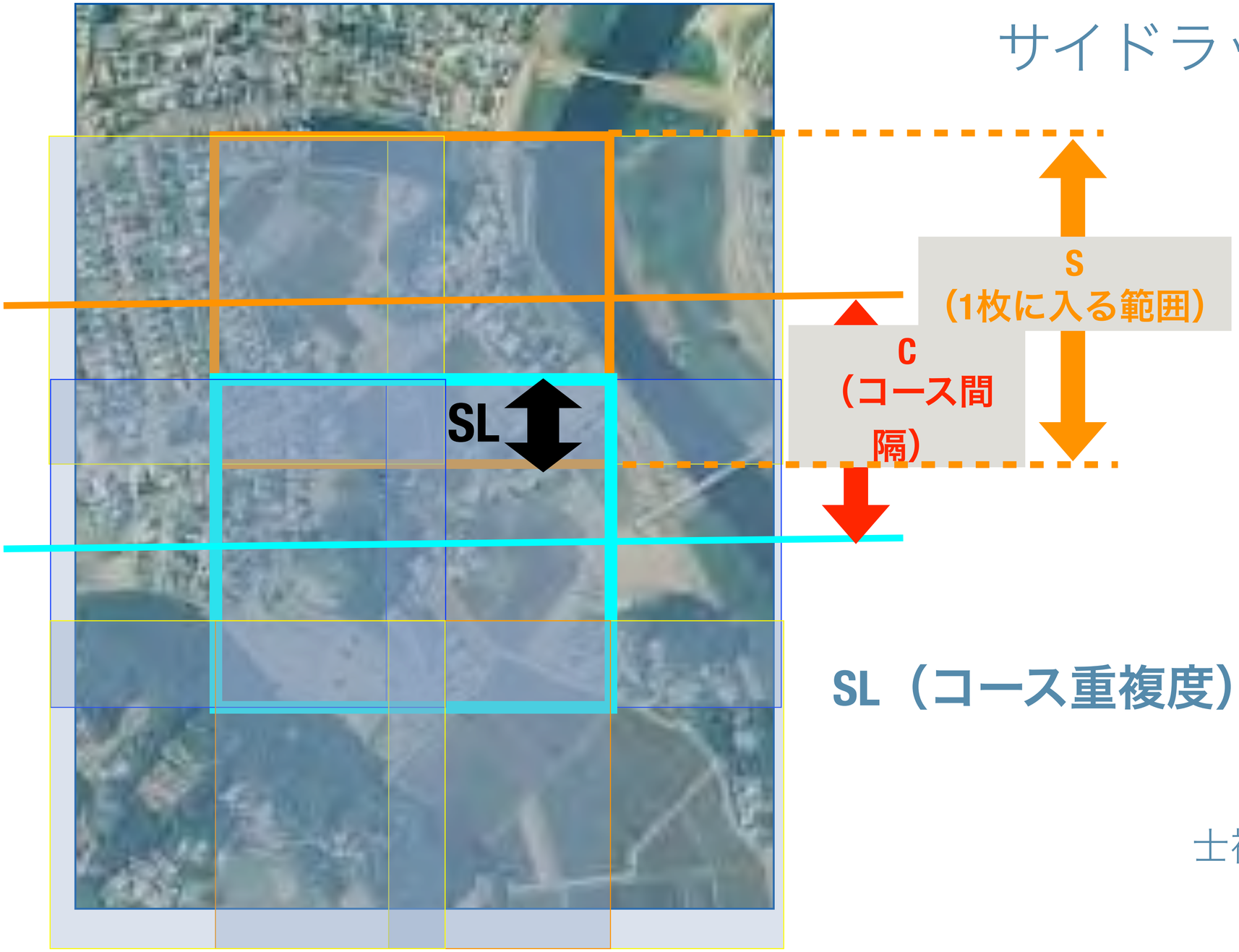
$$OL（重複度）= \frac{S-B}{S} \times 100\ [\%]$$

士補の問題だと大体６０％

写真の撮影



サイドラップ



$$SL（コース重複度）= \frac{S-C}{S} \times 100\ [\%]$$

士補の問題だと大体３０％

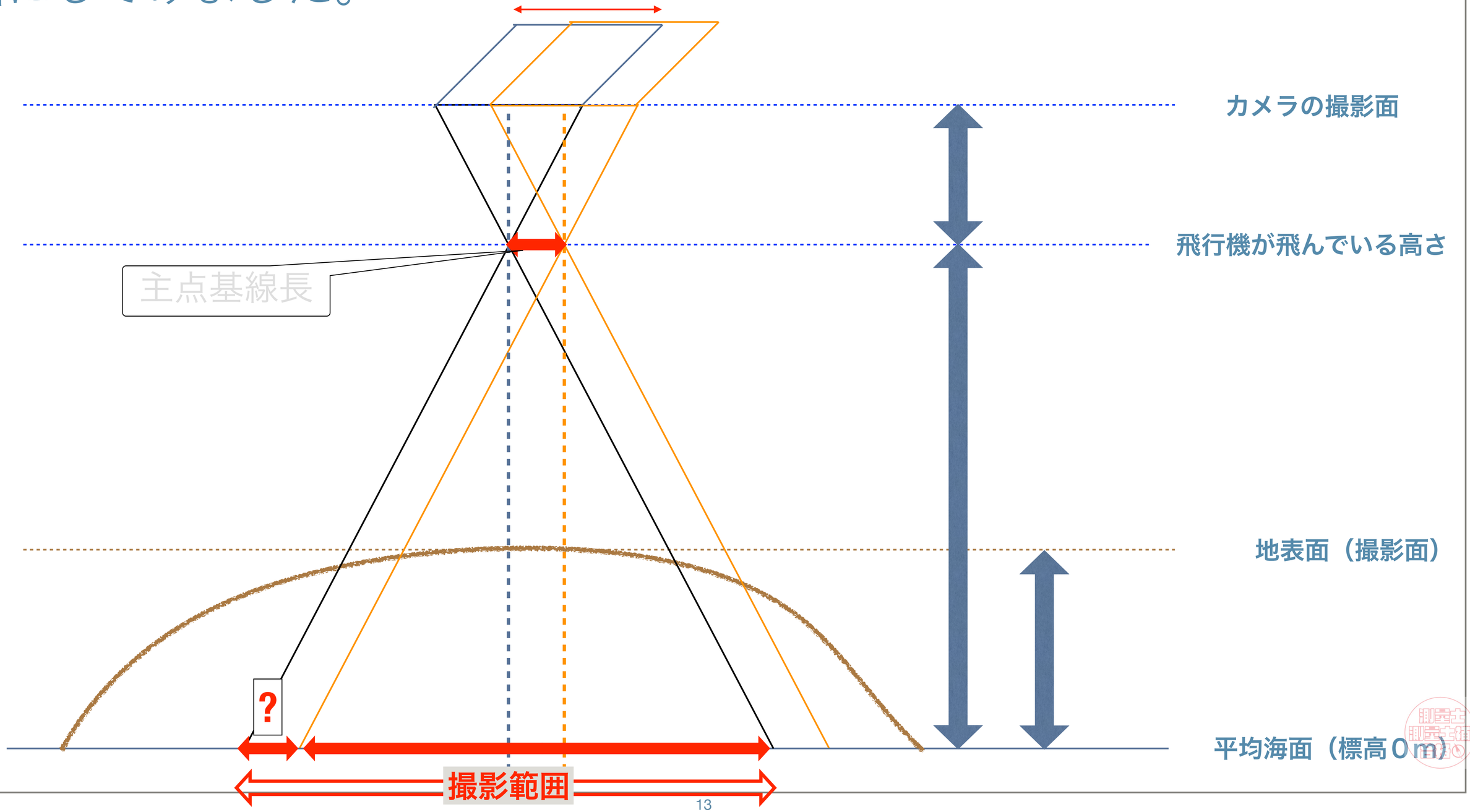
例題

画面距離15cm、画面の大きさ23cm x 23cmのフィルム航空カメラを用いて、海面からの撮影高度4000m、隣接空中写真間の重複度60%で標高400mの平たんな土地の鉛直空中写真を撮影した。このときの撮影基線長は幾らか。

例題

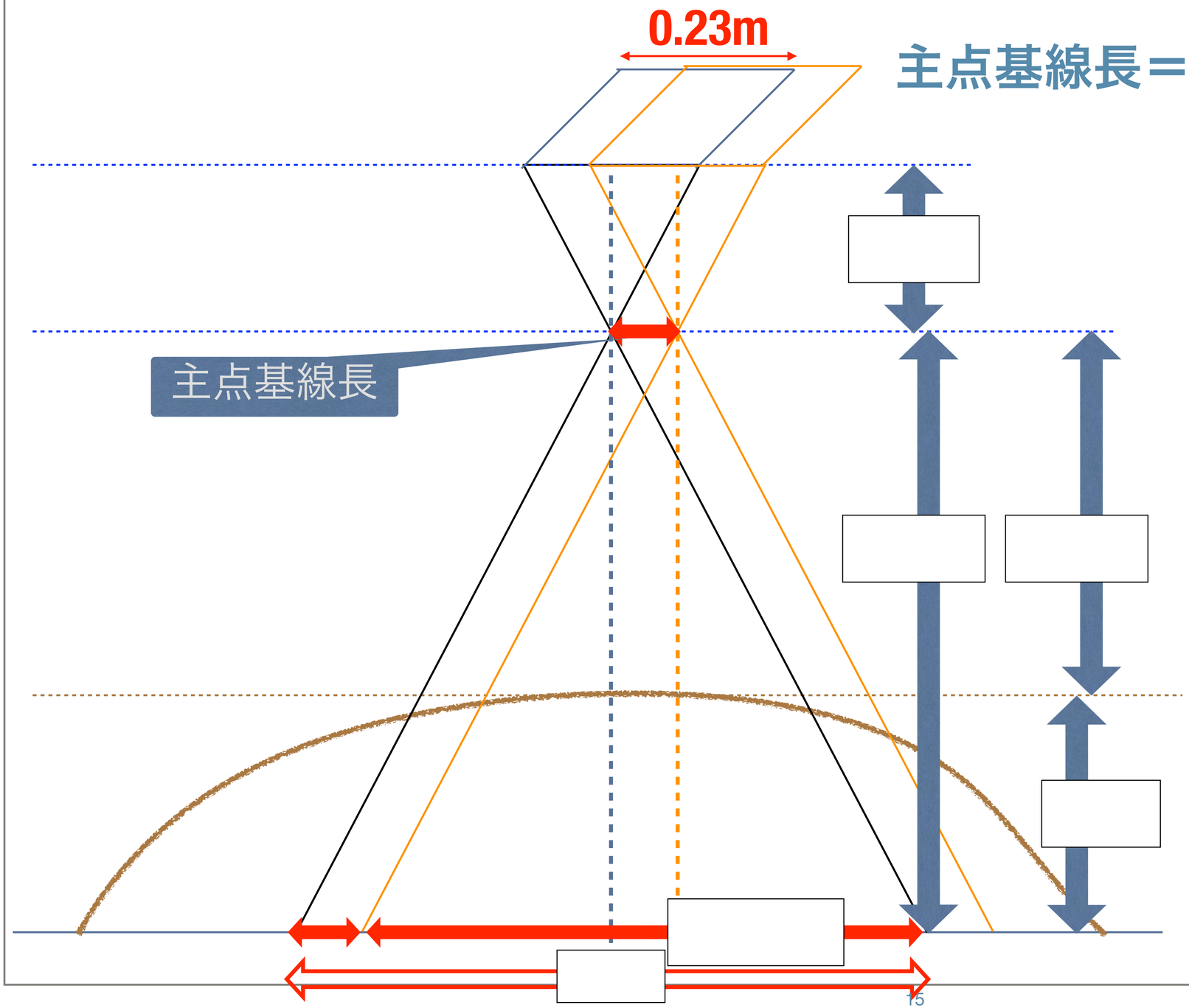
画面距離15cm、画面の大きさ23cm x 23cmのフィルム航空カメラを用いて、海面からの撮影高度4000m、隣接空中写真間の重複度60%で標高400mの平たんな土地の鉛直空中写真を撮影した。このときの撮影基線長は幾らか。

図にしてみました。



主点基線長とOL部分を足すと撮影範囲になる！

例えば、OLが撮影範囲の60％
だと
主点基線長は40％
だから、撮影範囲の40％（×0.4）が
主点基線長の長さになる。



主点基線長＝ 撮影範囲×OLじゃない部分の割合

＝5520×40%

＝5520×0.4

＝2208m

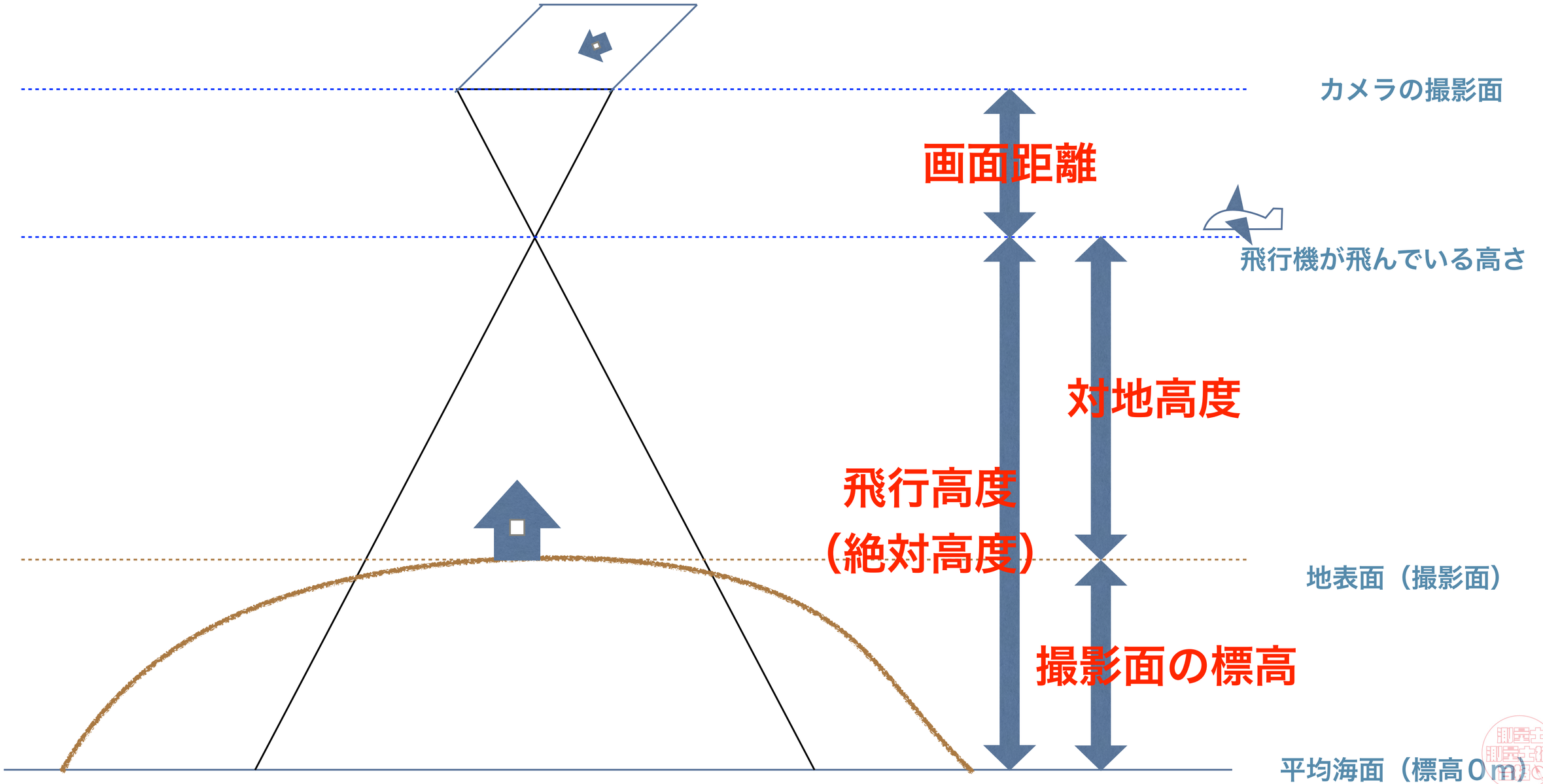
写真測量　7

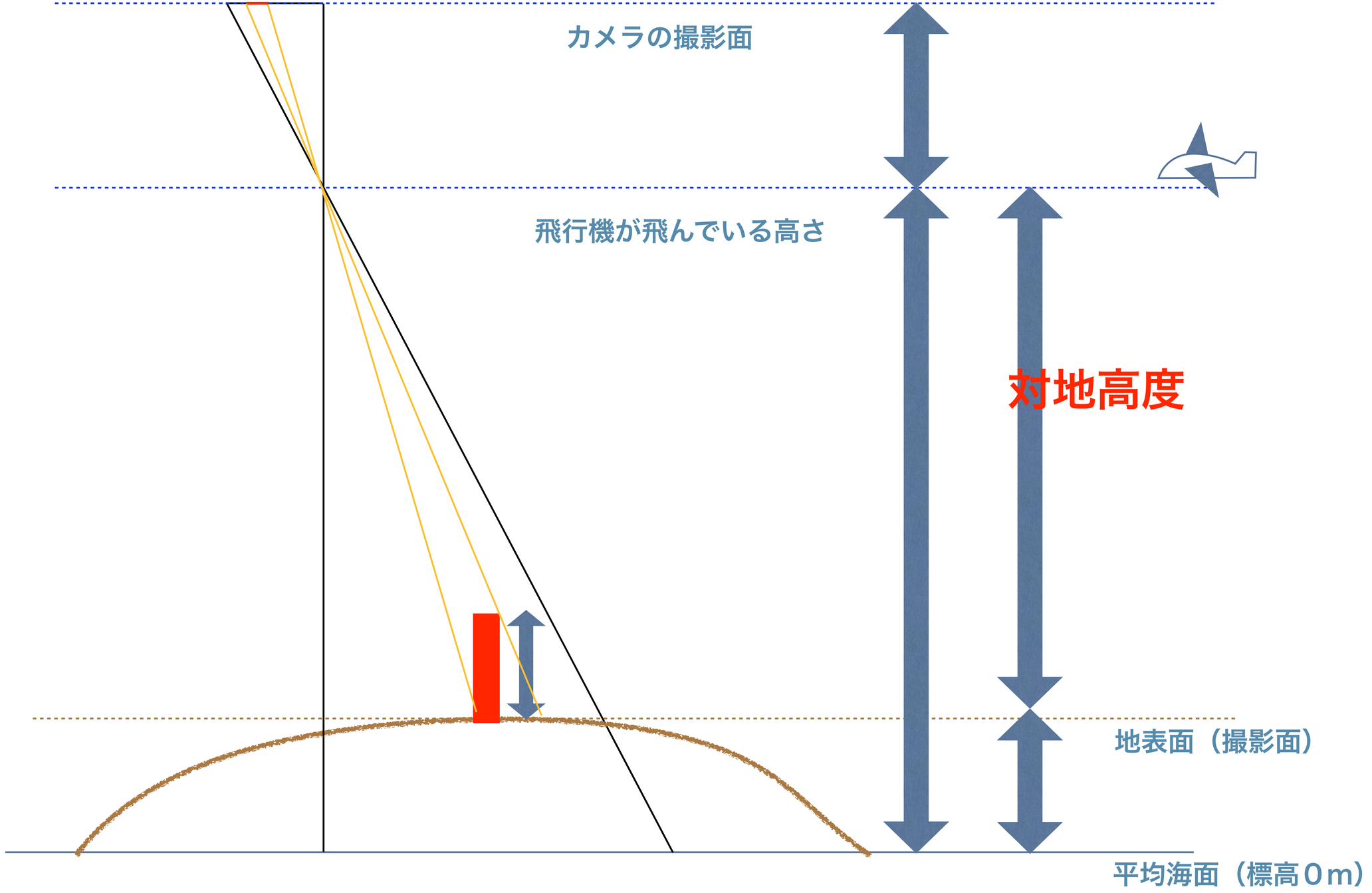
写真上の像の長さから撮影高度や標高を求める計算問題

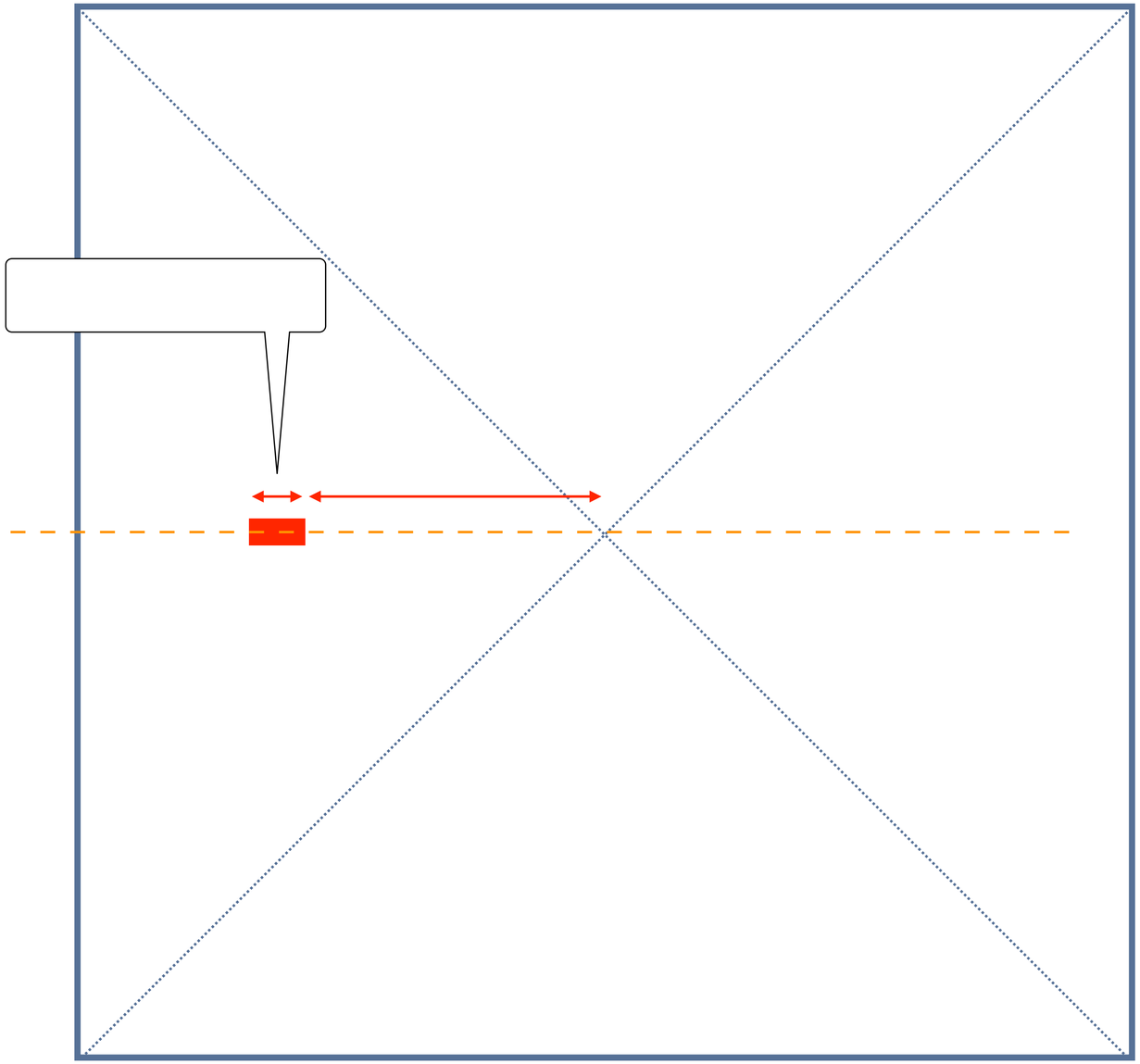
例題

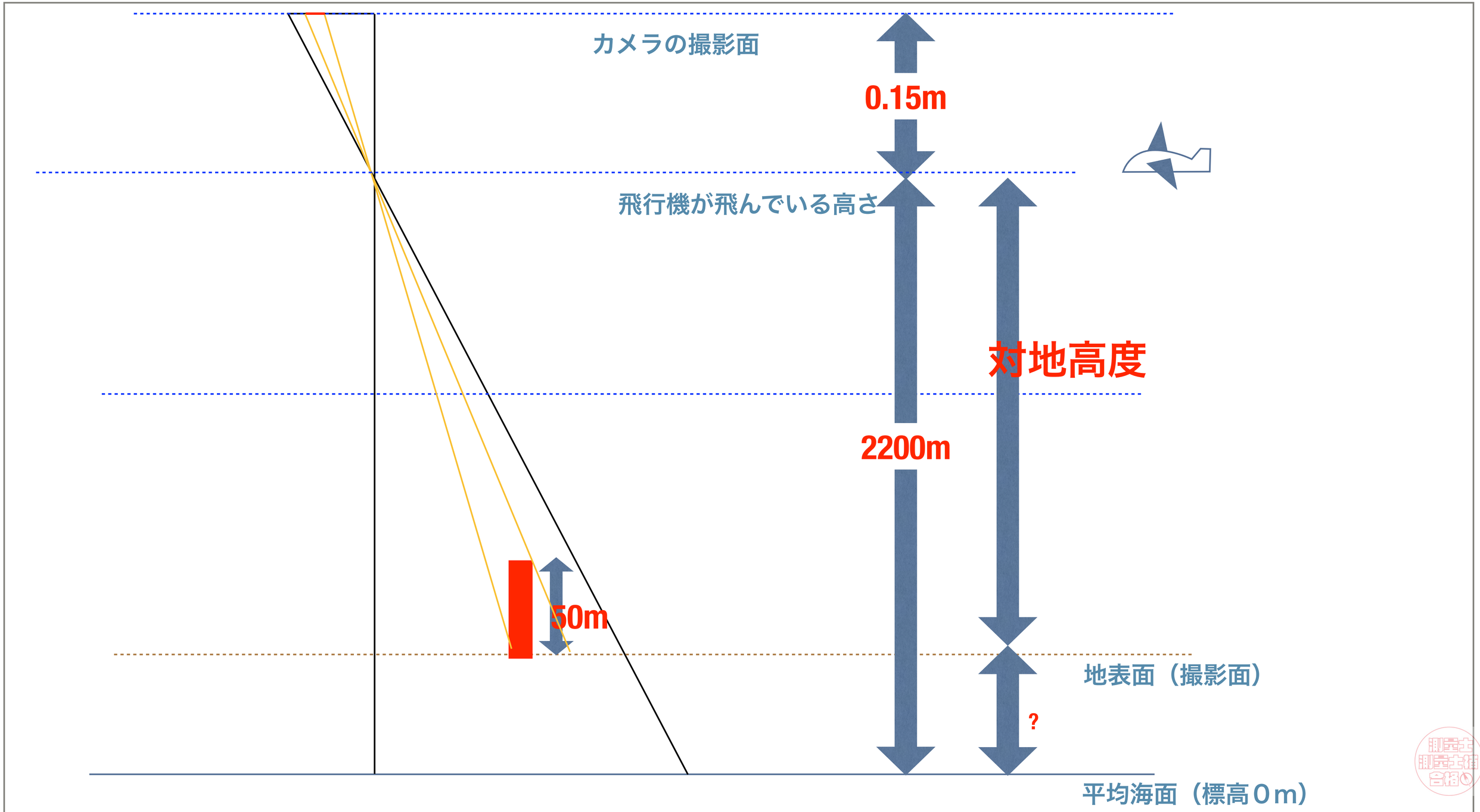
画面距離が15cm、画面の大きさが23cm×23cmの航空カメラを用いて，海抜2200mの高度から撮影した鉛直空中写真に，鉛直に立っている高さ50mの直線状の高塔が写っている。この高塔の先端は，鉛直点から70.0mm離れた位置に写っており，高塔の像の長さは2.0mmであった。

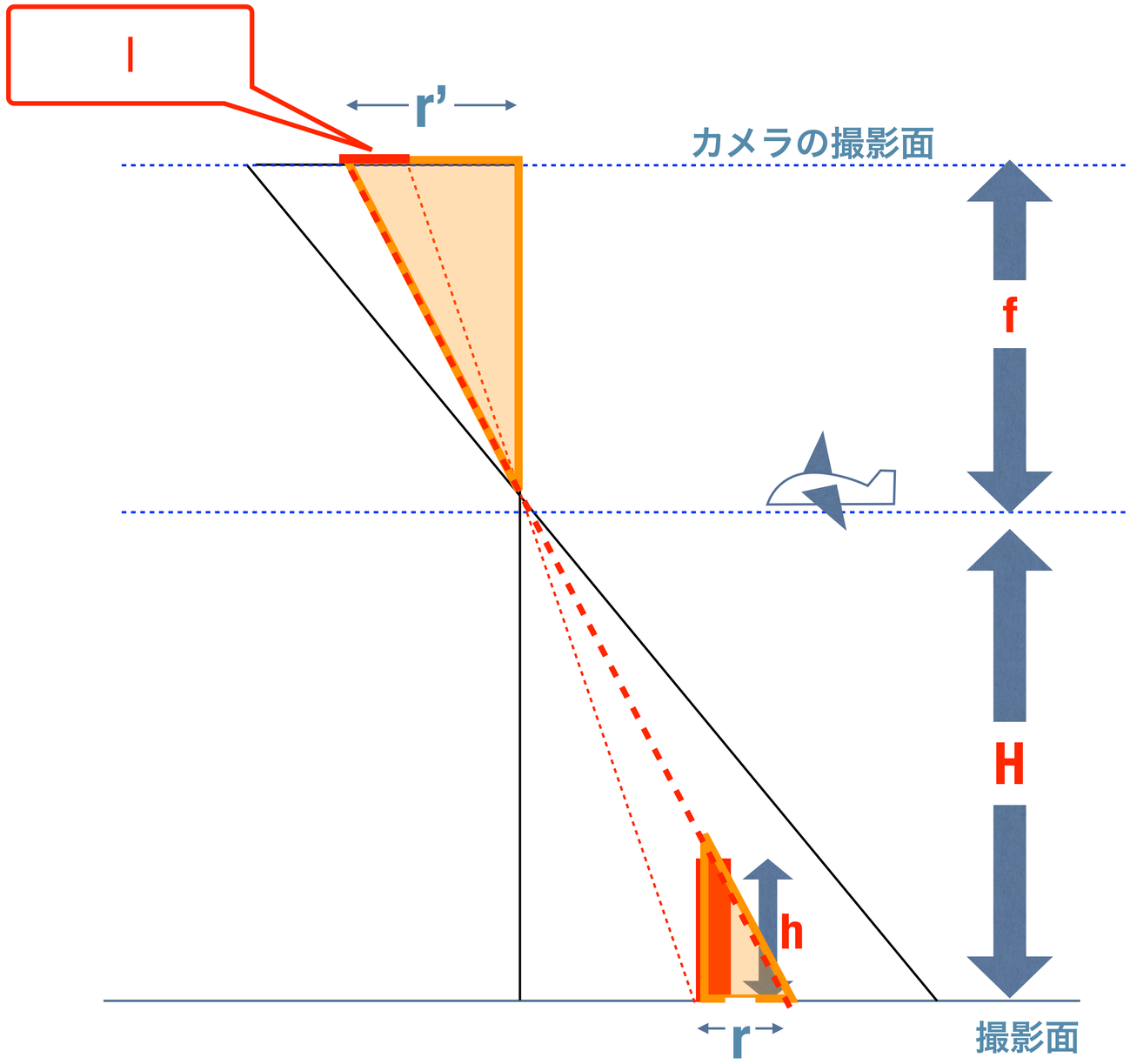
この高塔が立っている地表面の標高はいくらか。最も近いものを次の中から選べ。

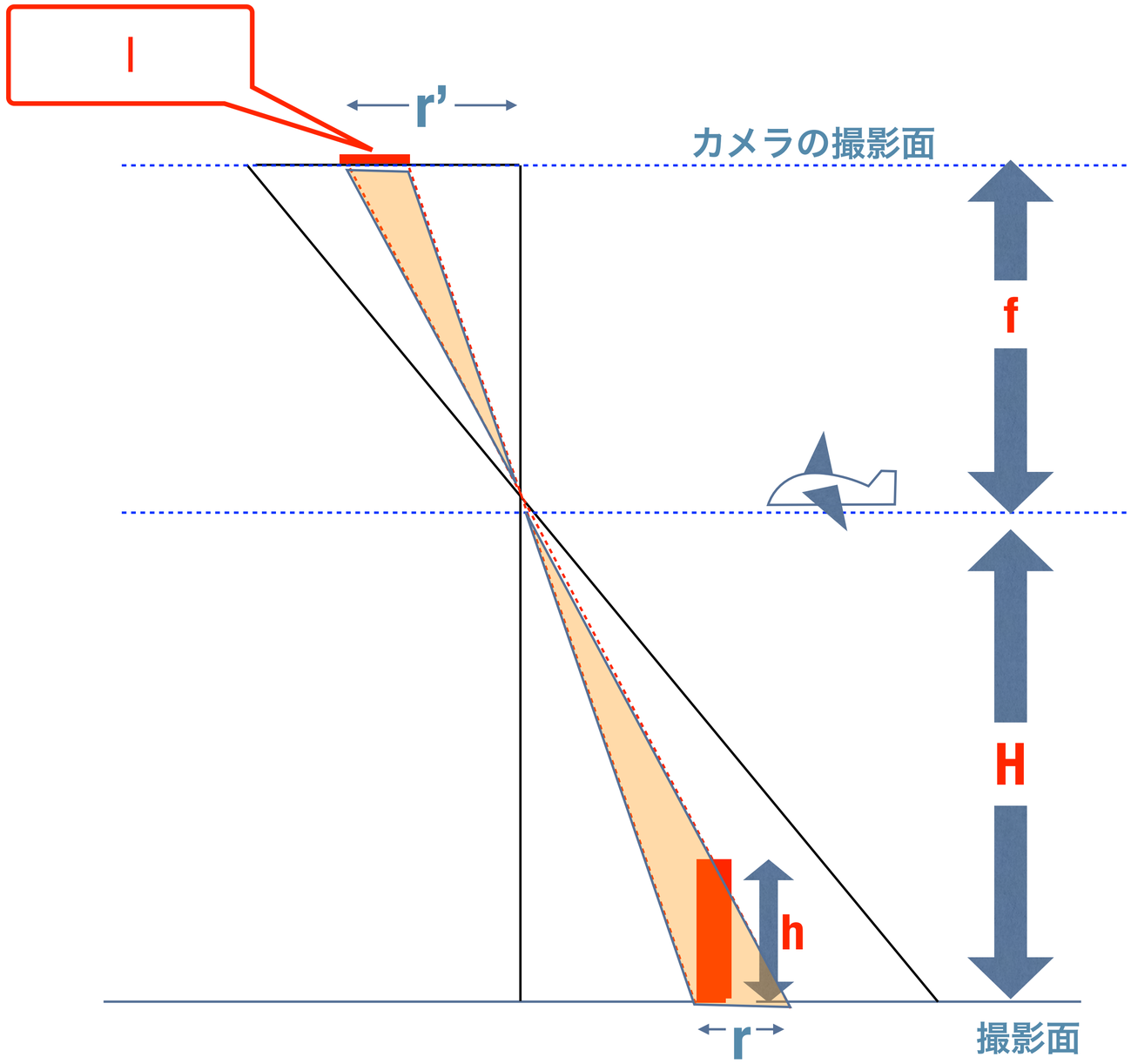

カメラの撮影面
画面距離
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）

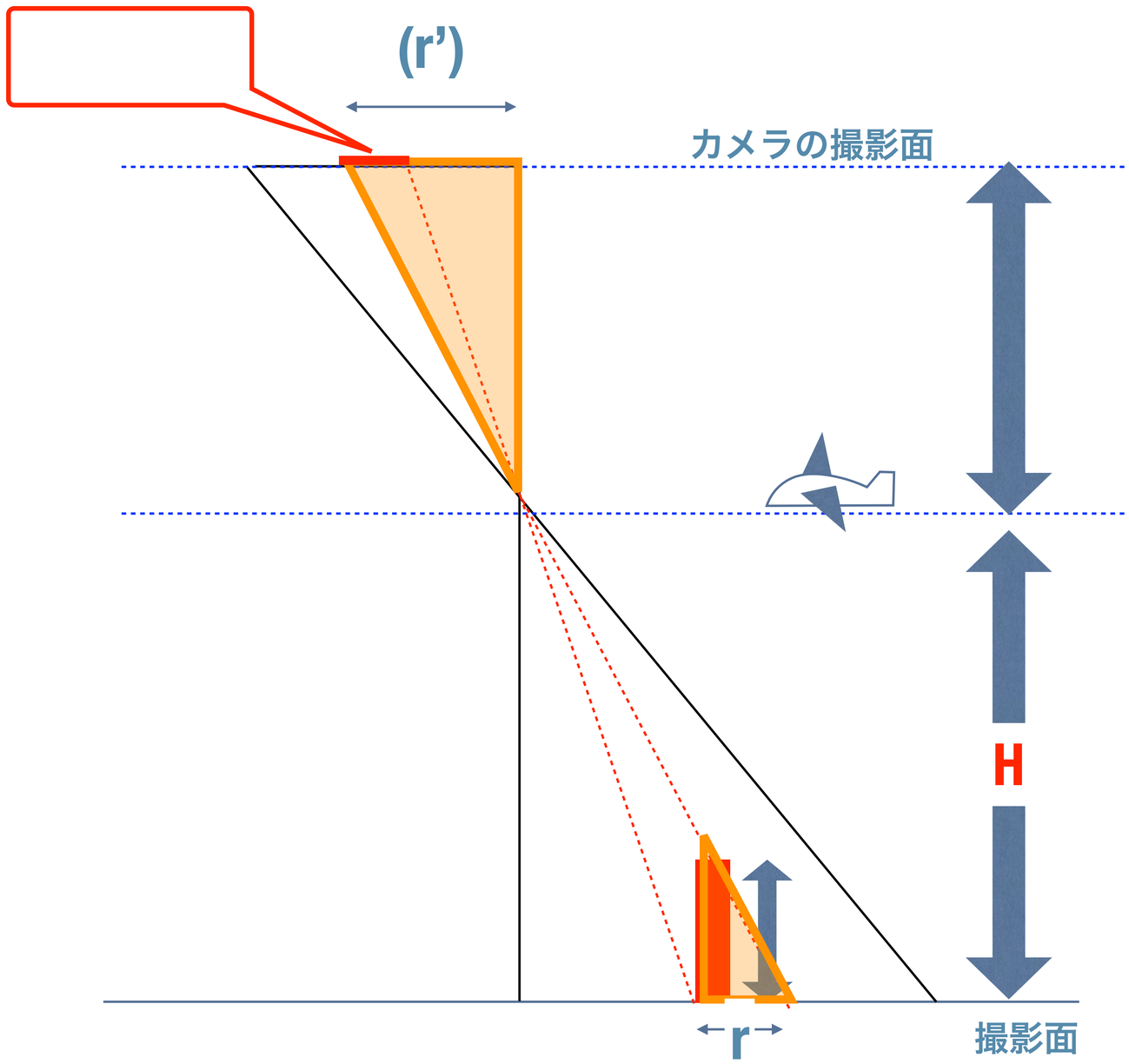

カメラの撮影面
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度
地表面（撮影面）
平均海面（標高０m）

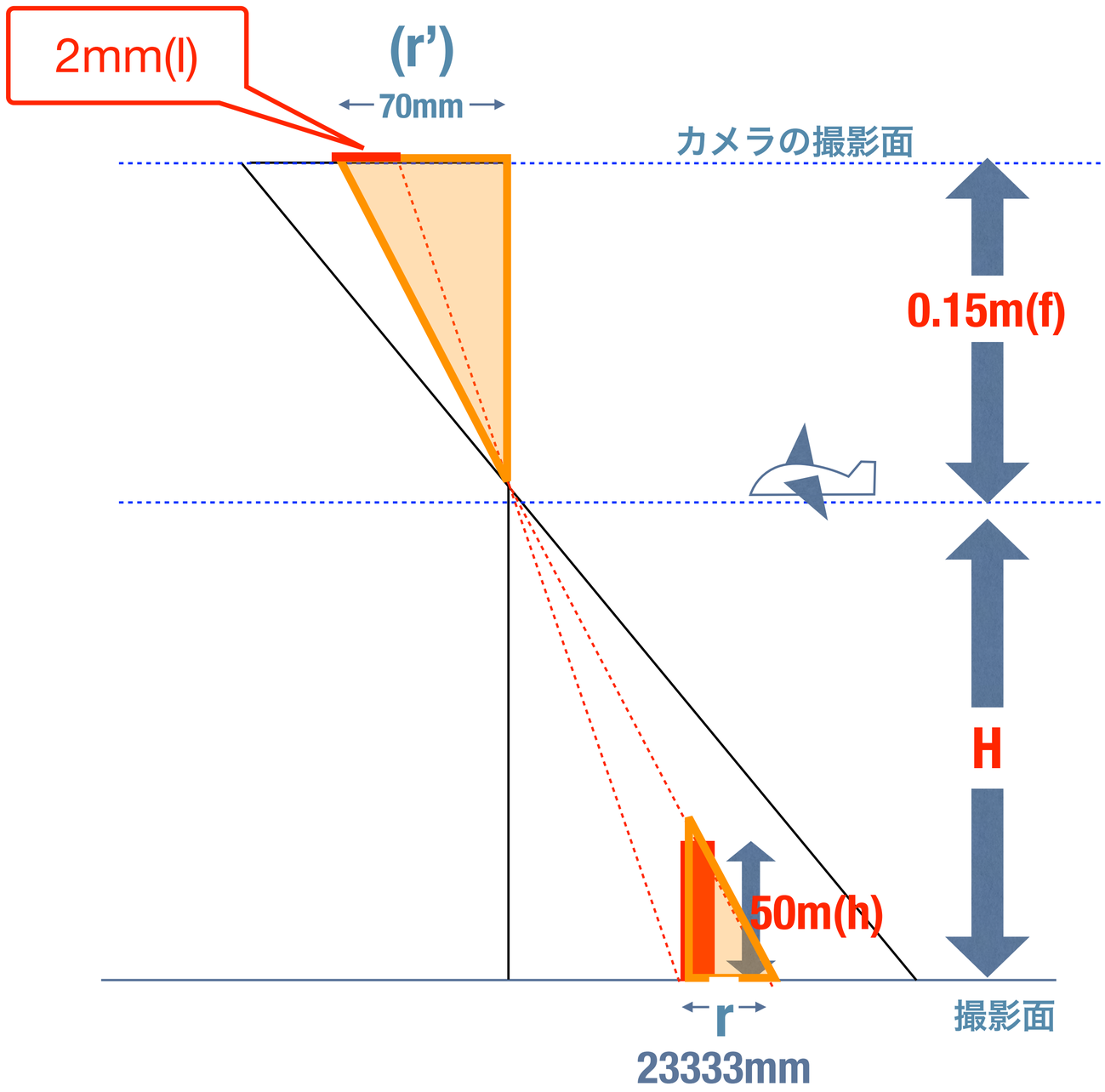


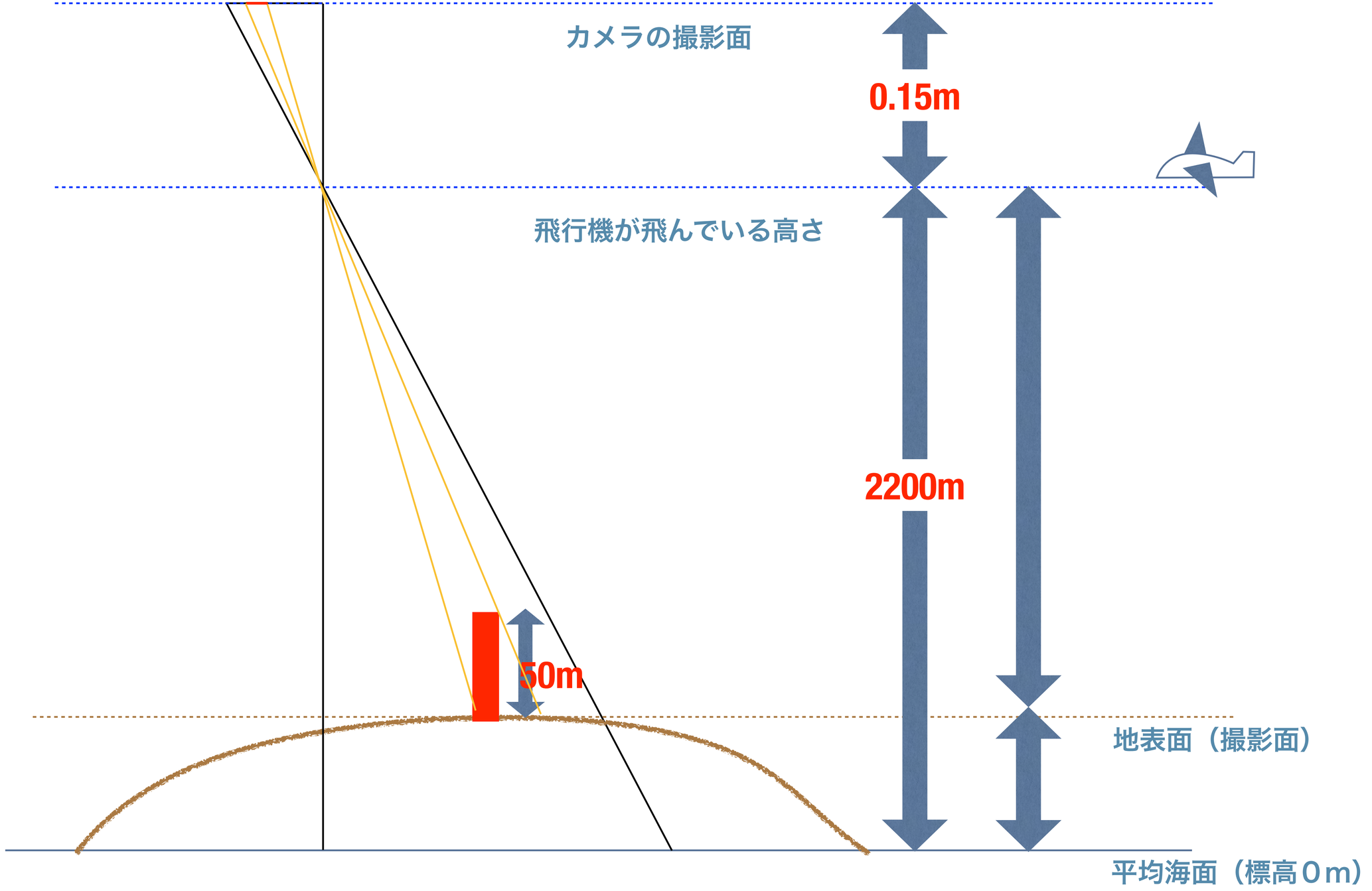

カメラの撮影面
0.15m
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度
2200m
50m
地表面（撮影面）
?
平均海面（標高０m）


l
r'
カメラの撮影面
f
H
h
r
撮影面


l
r'
カメラの撮影面
f
H
h
r
撮影面


(r')
カメラの撮影面
H
r
撮影面


2mm(l)
(r')
70mm
カメラの撮影面
0.15m(f)
H
50m(h)
r
23333mm
撮影面

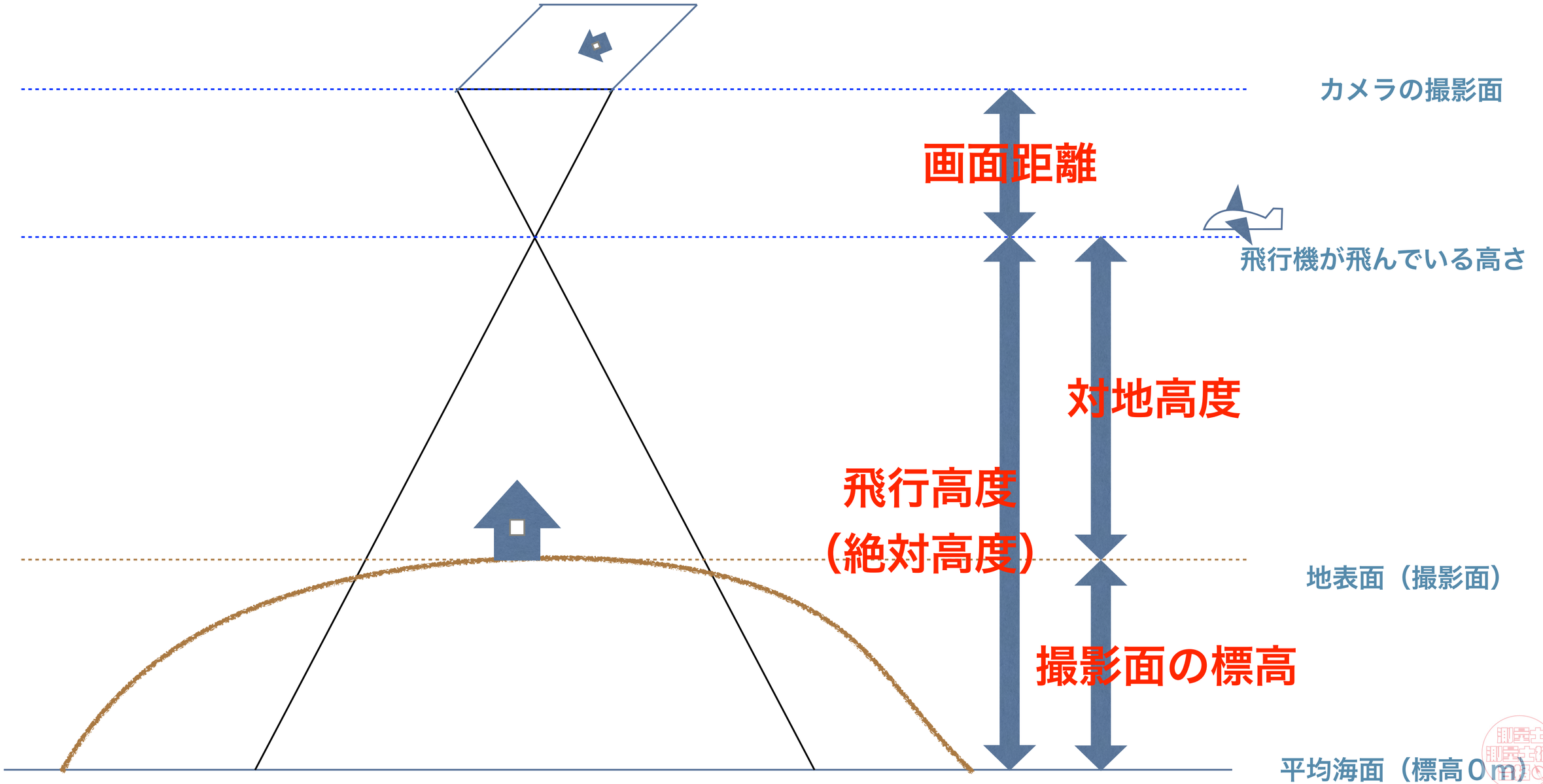

カメラの撮影面
0.15m
飛行機が飛んでいる高さ
2200m
50m
地表面（撮影面）
平均海面（標高０m）

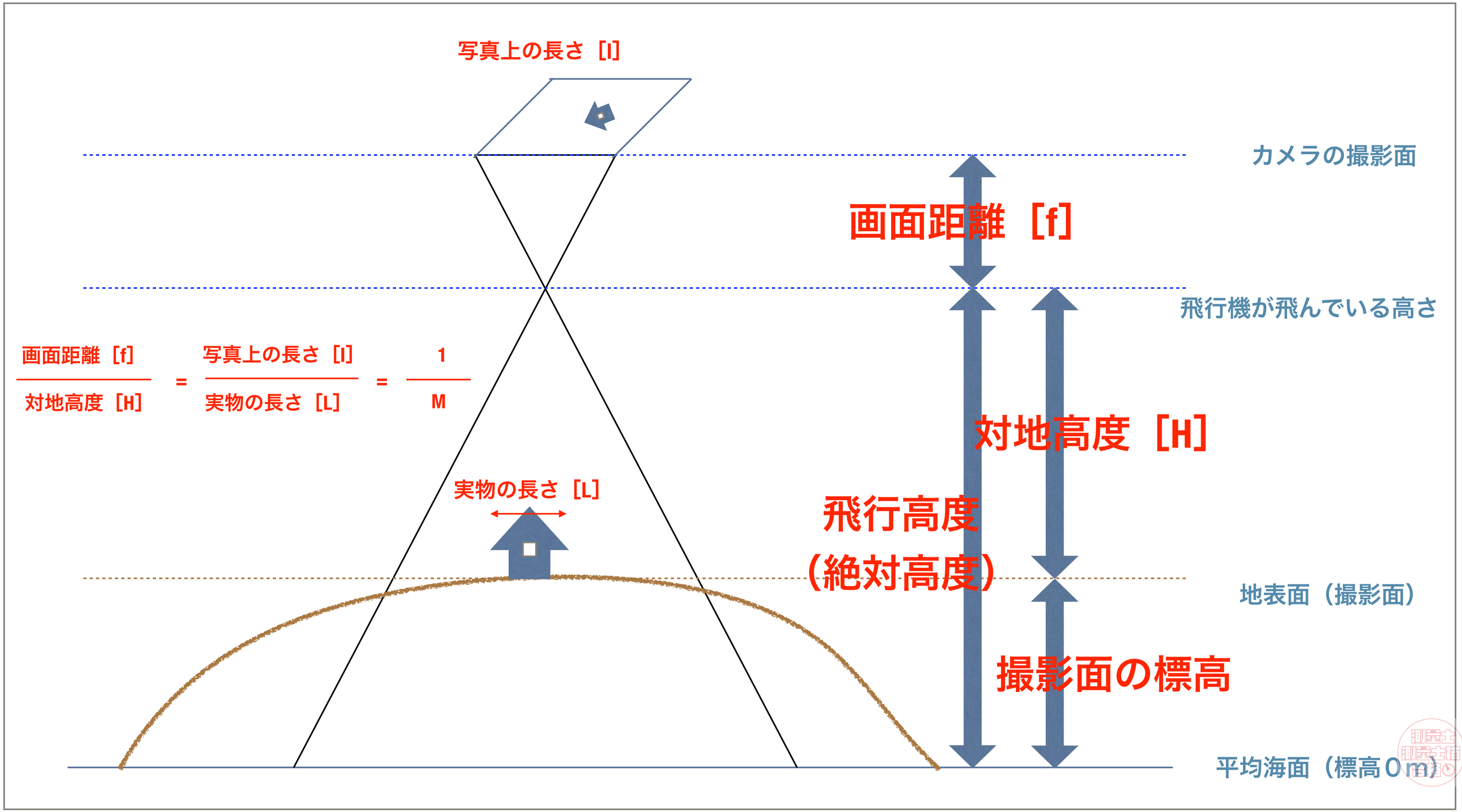
写真測量　8

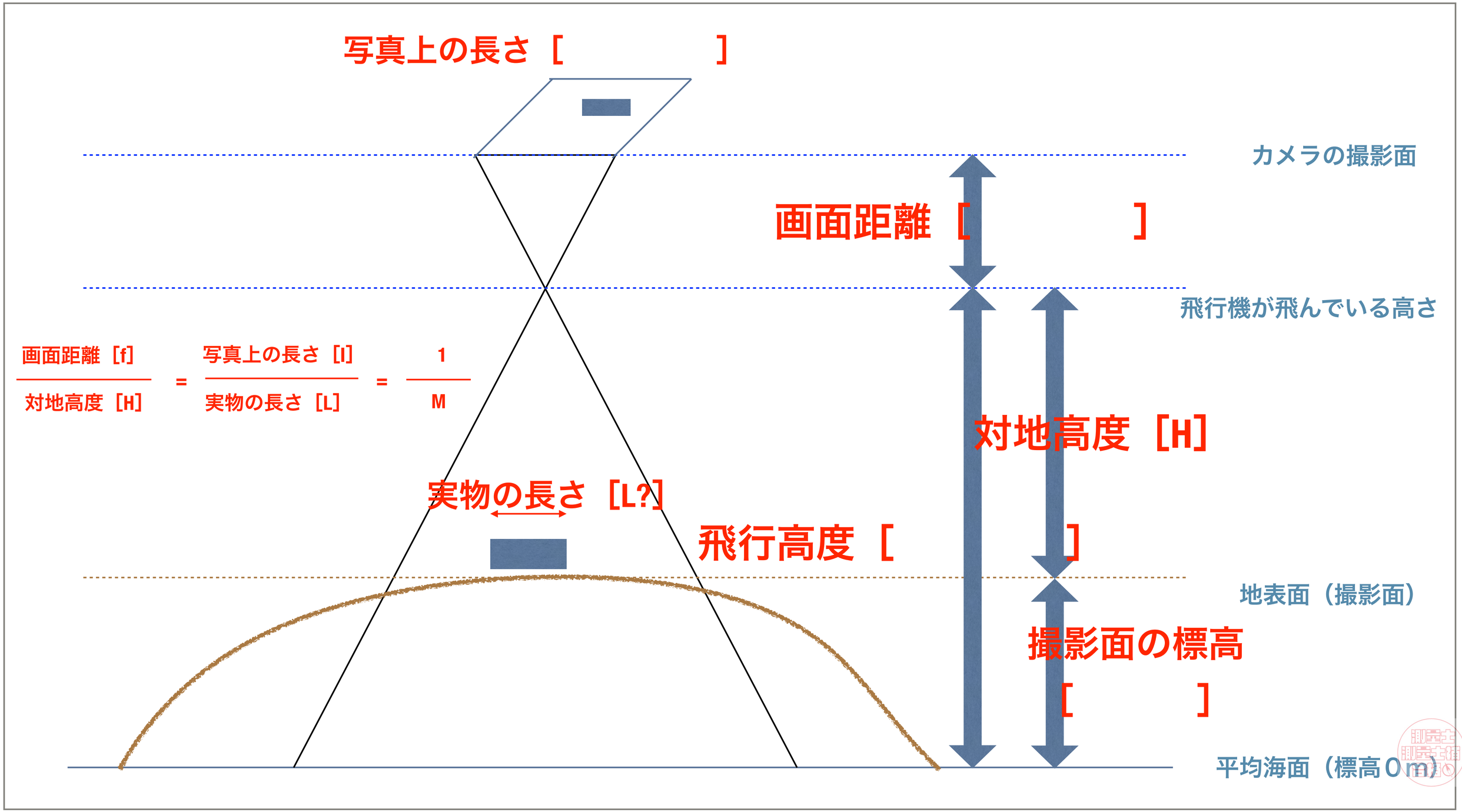
写真に写っているものの長さを求める計算問題

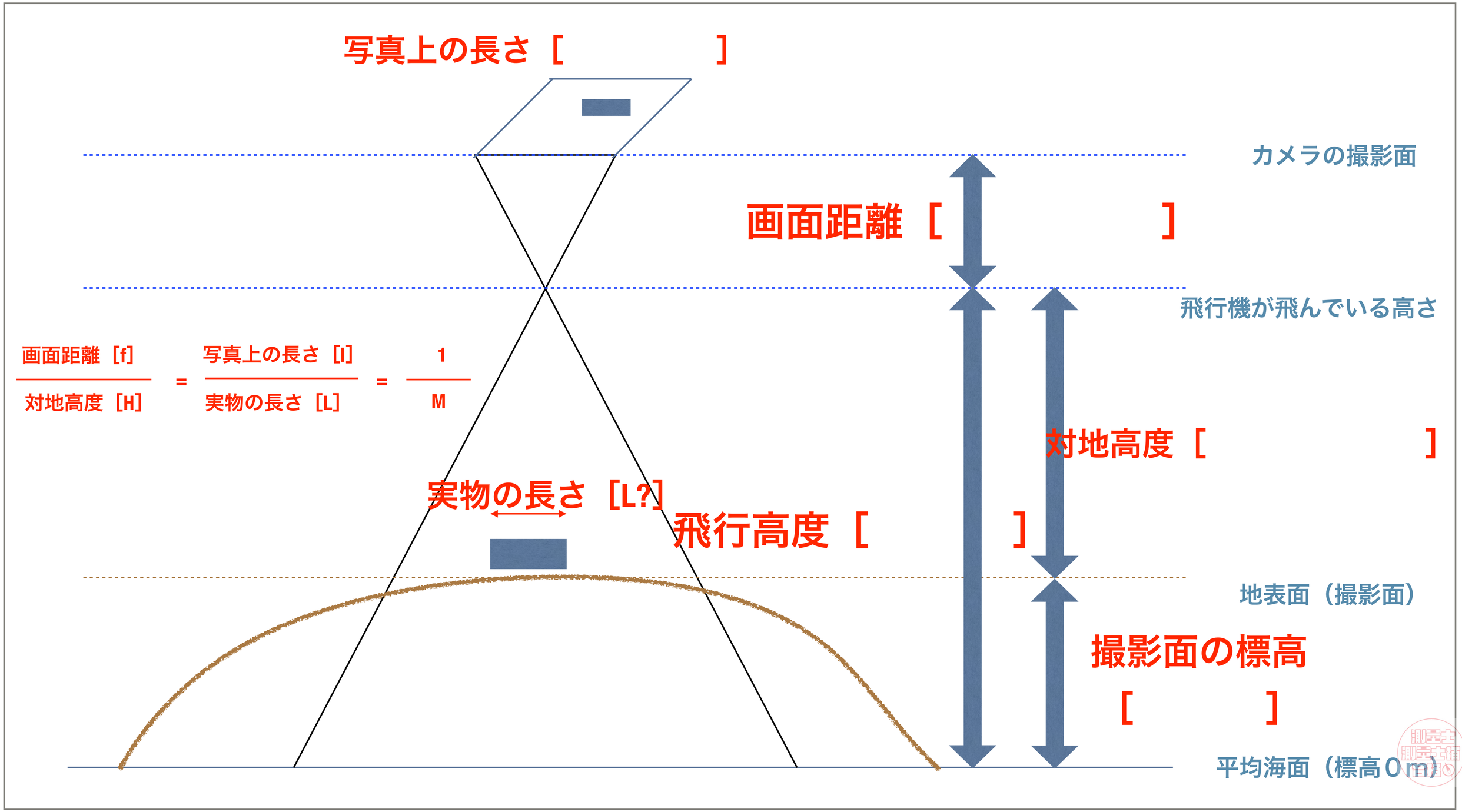
例題

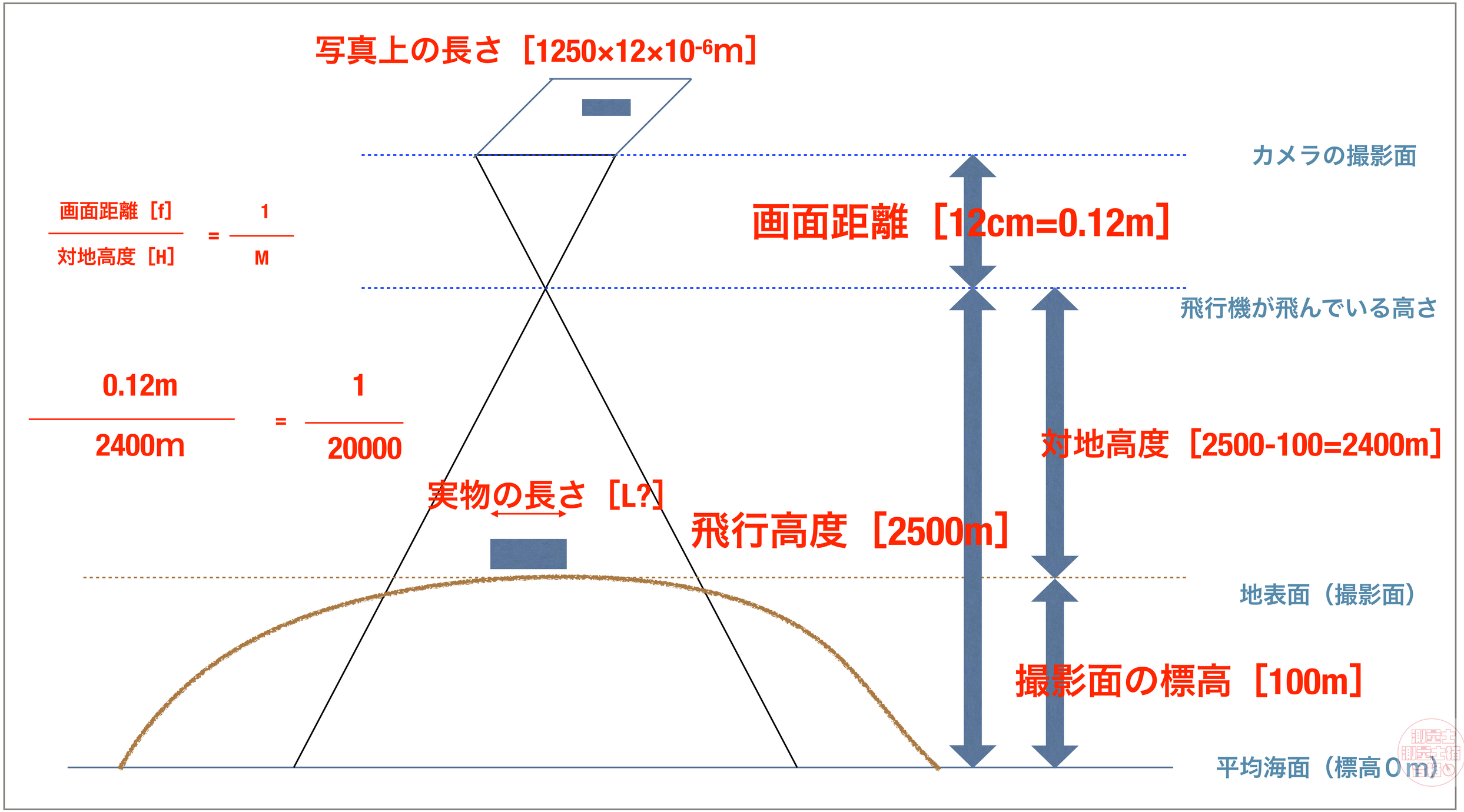
画面距離12cm、撮像面での素子寸法12μmのデジタル航空力メラを用いて、海面からの撮影高度2500mで鉛直空中写真の撮影を行ったところ、 一枚の数値空中写真の主点付近に画面の短辺と平行に橋が写っていた。この橋は標高100mの地点に水平に架けられており画面上で長さを計測したところ1250画素であった。この橋の実長は幾らか。

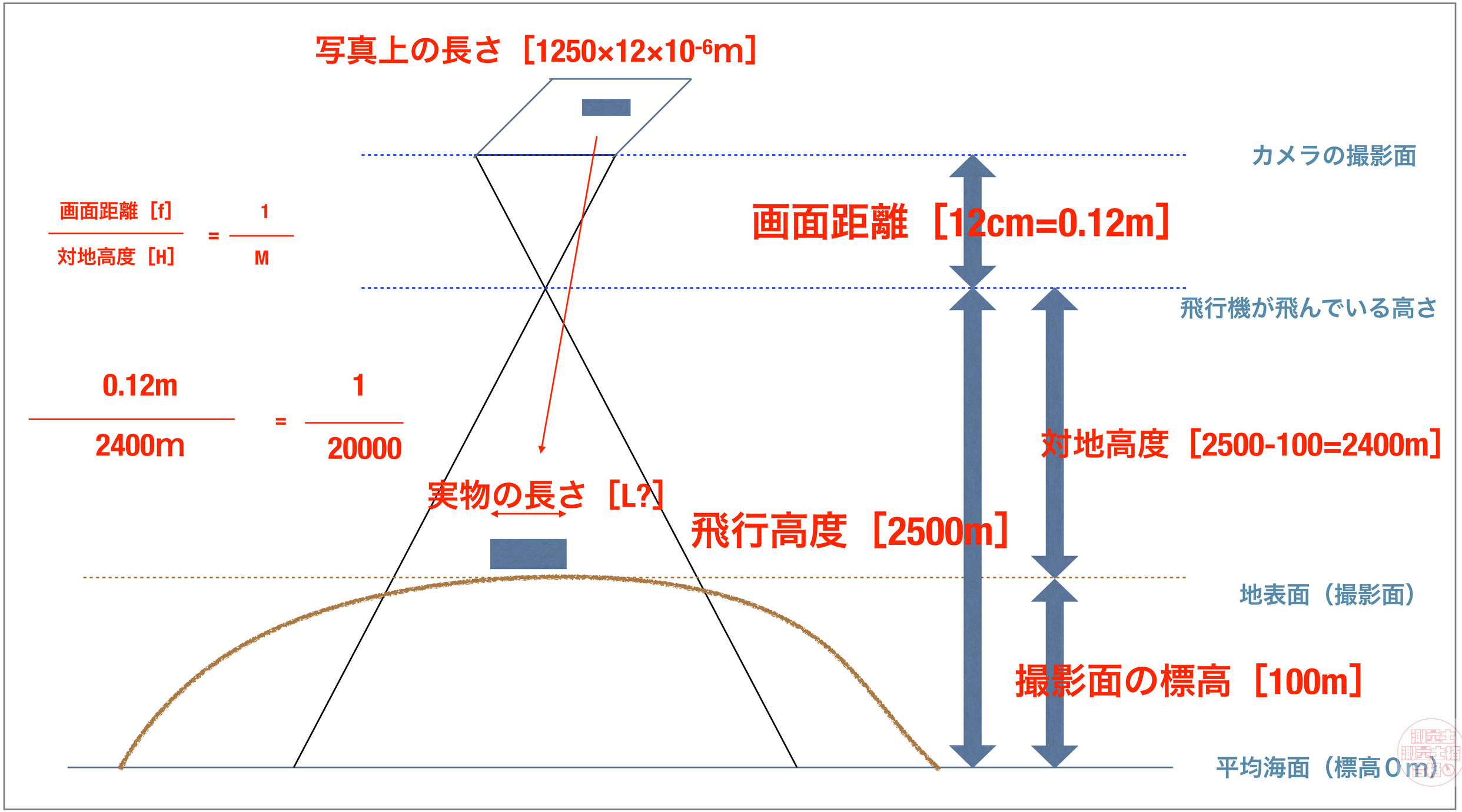

カメラの撮影面
画面距離
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）


写真上の長さ［l］
カメラの撮影面
画面距離［f］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
対地高度［H］
実物の長さ［L］
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）


写真上の長さ［　　］
カメラの撮影面
画面距離［　　］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
対地高度［H］
実物の長さ［L?］
飛行高度［　　］
地表面（撮影面）
撮影面の標高
［　　］
平均海面（標高０m）


写真上の長さ［　　］
カメラの撮影面
画面距離［　　］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
対地高度［　　］
実物の長さ［L?］
飛行高度［　　］
地表面（撮影面）
撮影面の標高
［　　］
平均海面（標高０m）


写真上の長さ［1250×12×10-6m］
カメラの撮影面
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 1 / M
画面距離［12cm=0.12m］
飛行機が飛んでいる高さ
0.12m / 2400m = 1 / 20000
対地高度［2500-100=2400m］
実物の長さ［L?］
飛行高度［2500m］
地表面（撮影面）
撮影面の標高［100m］
平均海面（標高0m）


写真上の長さ［1250×12×10-6m］
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 1 / M
0.12m / 2400m = 1 / 20000
実物の長さ［L?］
カメラの撮影面
画面距離［12cm=0.12m］
飛行機が飛んでいる高さ
対地高度［2500-100=2400m］
飛行高度［2500m］
地表面（撮影面）
撮影面の標高［100m］
平均海面（標高0m）

実際の長さ＝

$1\mu m=10^{-6}=0.000001$だから

実際の長さ＝

実際の長さ＝

実際の長さ＝

実際の長さ＝

実際の長さ＝

見直しをしましょう。

写真測量　8

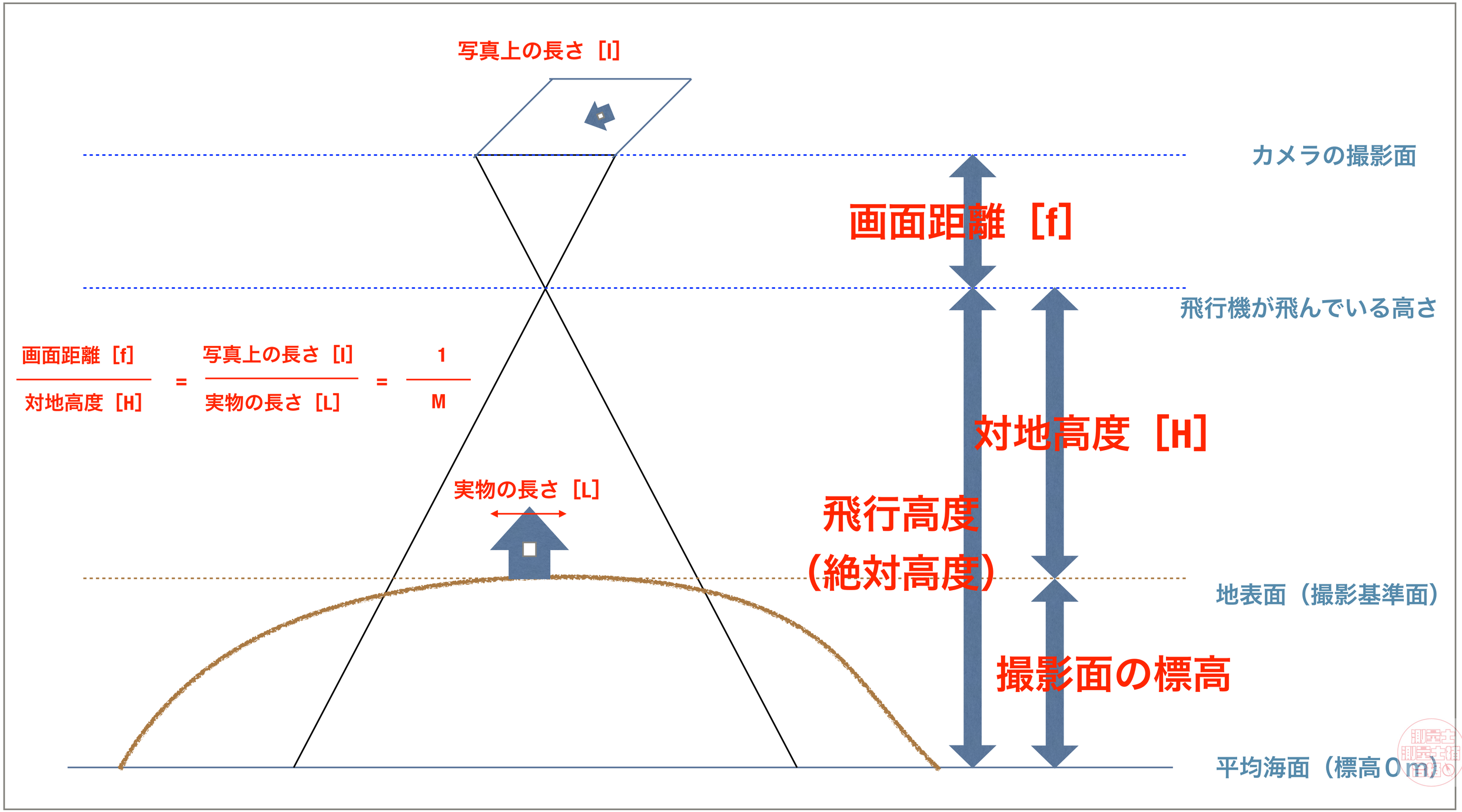
画素寸法と撮影高度の問題

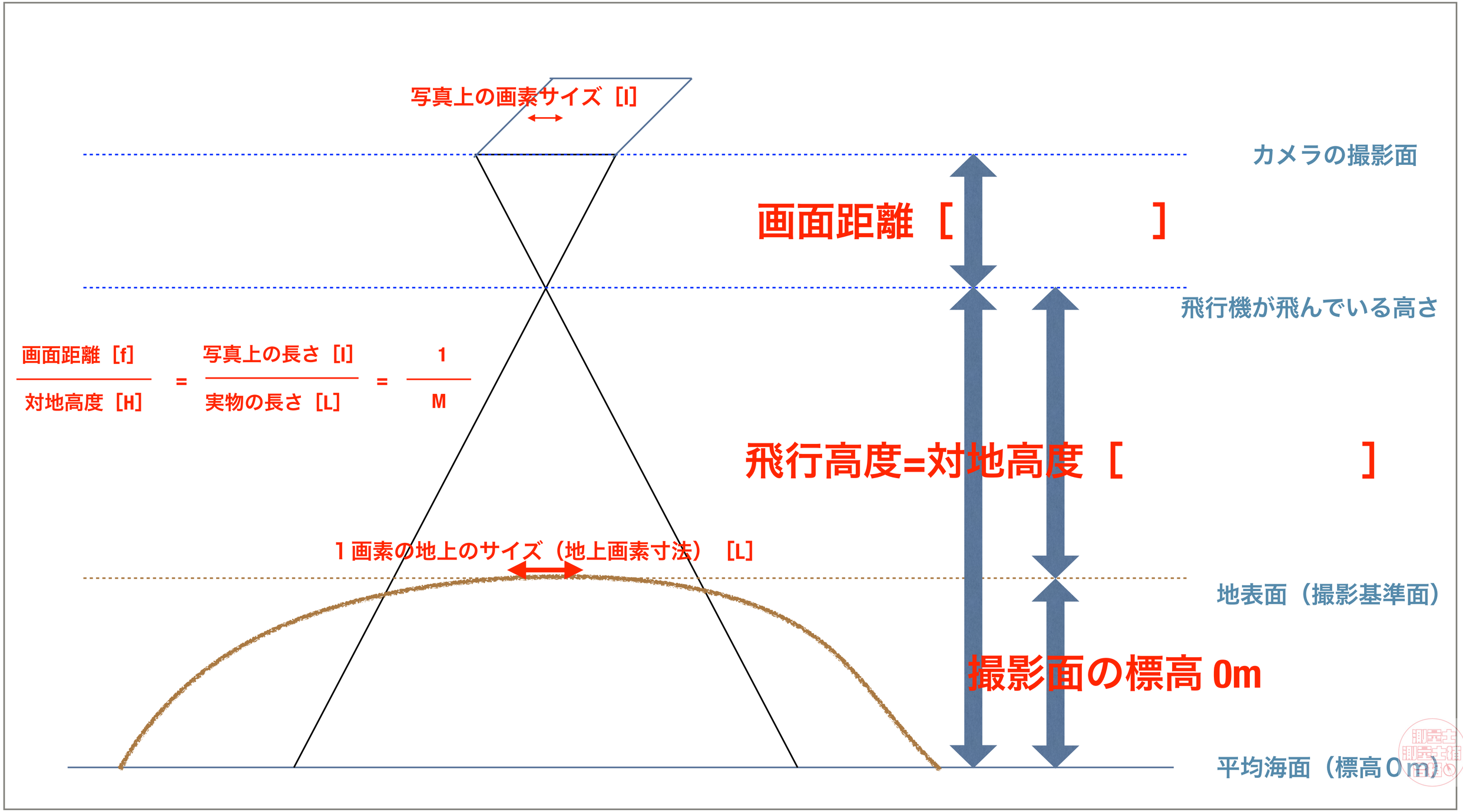
例題

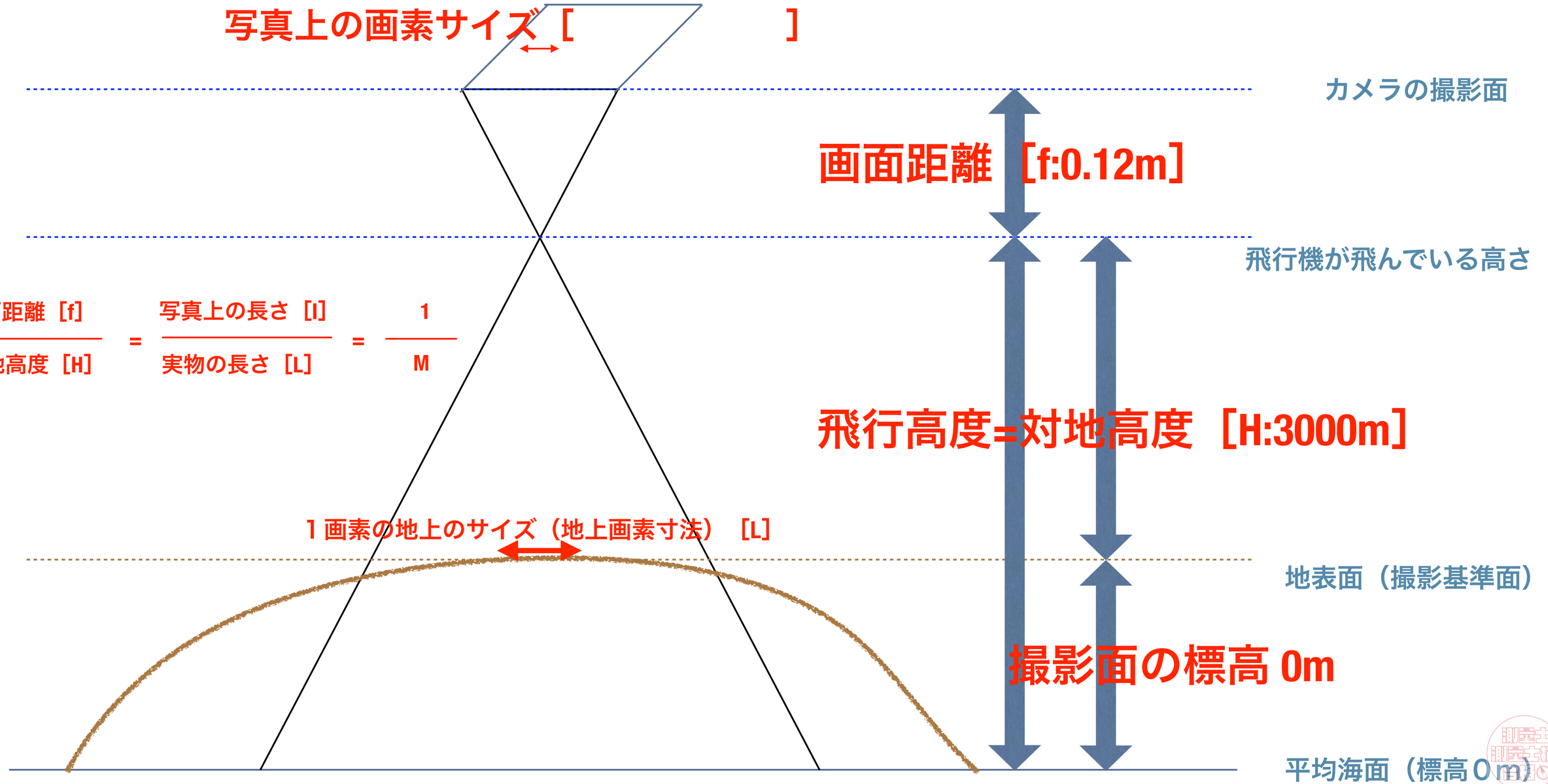
画面距離12 cm、撮像面での素子寸法12μm、画面の大きさ14000画素×7500画素のデジタル航空カメラを用いて、海面からの撮影高度3000mで鉛直空中写真の撮影を行った。撮影基準面の標高を0mとすると、撮影基準面での地上画素寸法は幾らか。

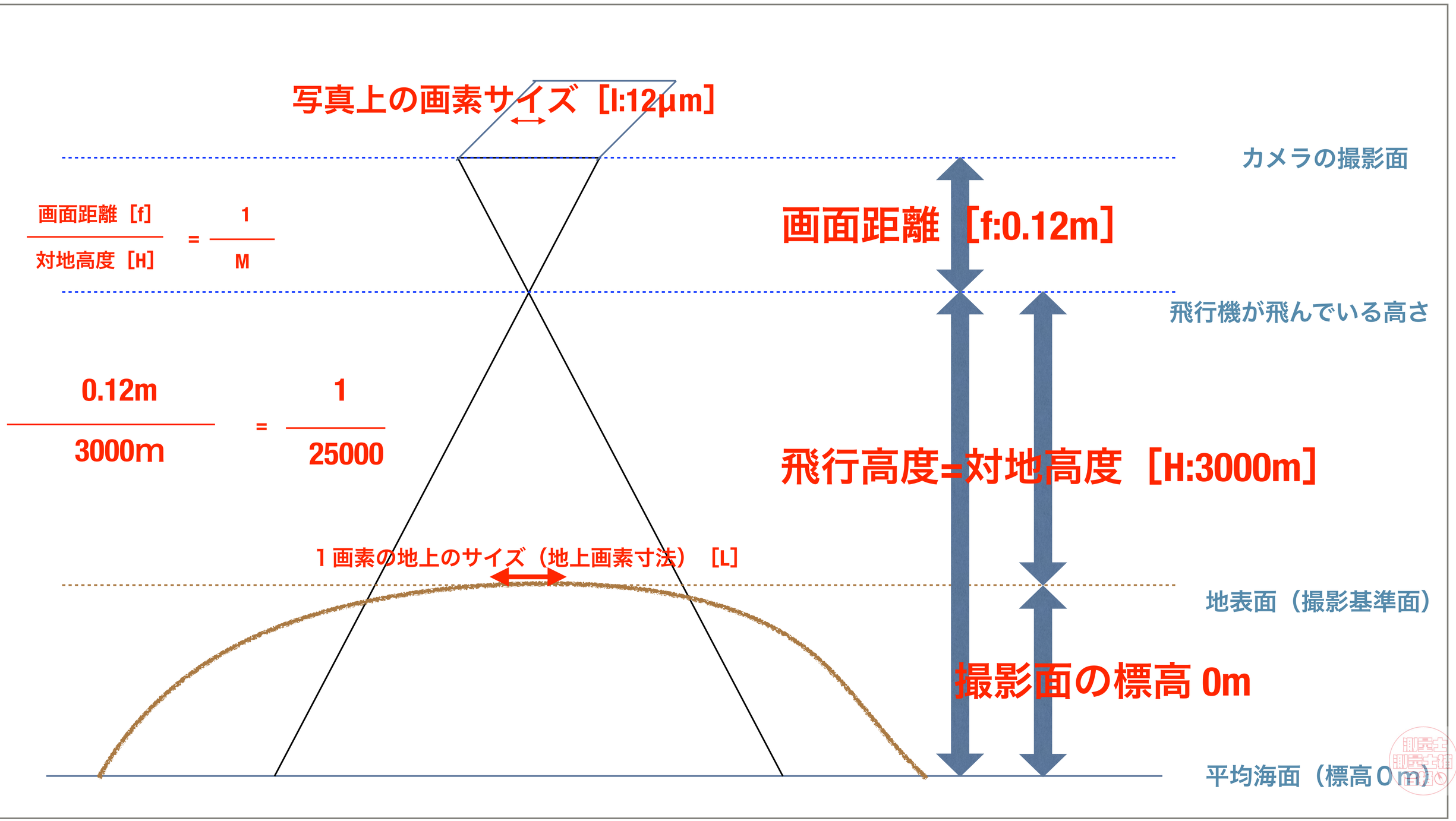
例題

画面距離12 cm、撮像面での素子寸法12μm、画面の大きさ14000画素×7500画素のデジタル航空カメラを用いて、海面からの撮影高度3000mで鉛直空中写真の撮影を行った。撮影基準面の標高を0mとすると、撮影基準面での地上画素寸法は幾らか。


写真上の長さ［l］
カメラの撮影面
画面距離［f］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
対地高度［H］
実物の長さ［L］
飛行高度
（絶対高度）
地表面（撮影基準面）
撮影面の標高
平均海面（標高０m）


写真上の画素サイズ［l］
カメラの撮影面
画面距離［　　］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
飛行高度=対地高度［　　］
1画素の地上のサイズ（地上画素寸法）［L］
地表面（撮影基準面）
撮影面の標高 0m
平均海面（標高0m）


写真上の画素サイズ［　　］
カメラの撮影面
画面距離［f:0.12m］
飛行機が飛んでいる高さ
画面距離［f］ / 対地高度［H］ = 写真上の長さ［l］ / 実物の長さ［L］ = 1 / M
飛行高度=対地高度［H:3000m］
1画素の地上のサイズ（地上画素寸法）［L］
地表面（撮影基準面）
撮影面の標高 0m
平均海面（標高0m）



$$\frac{\text{画面距離［f］}}{\text{対地高度［H］}} = \frac{1}{M}$$

$$\frac{0.12\text{m}}{3000\text{m}} = \frac{1}{25000}$$

地上画素寸法＝

$1\mu m=10^{-6}=0.000001$だから

地上画素寸法＝

地上画素寸法＝

地上画素寸法＝　　＝　　.

地図編集　1

地図の読解問題

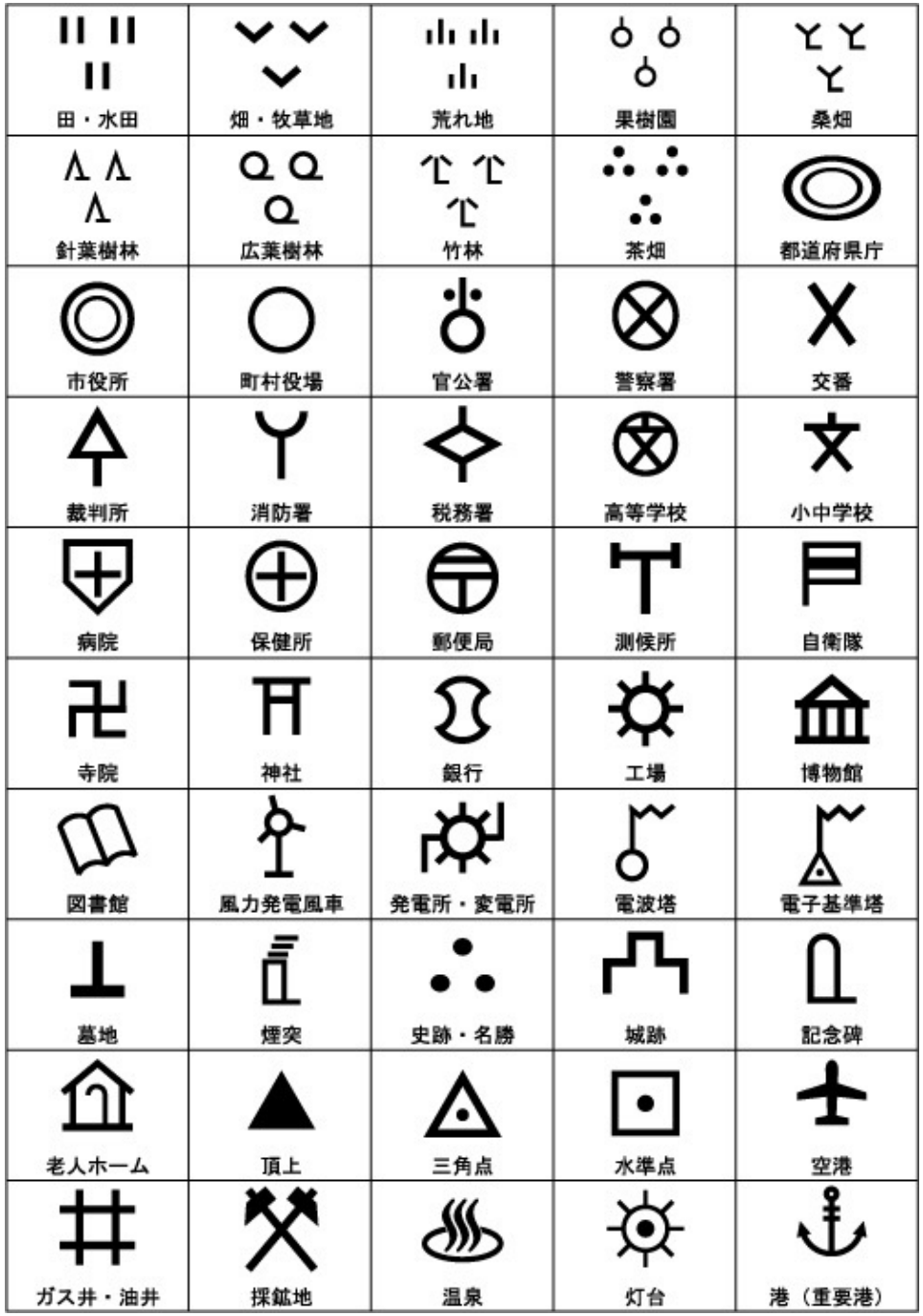
解答のポイント

1.縮尺

2.地図記号

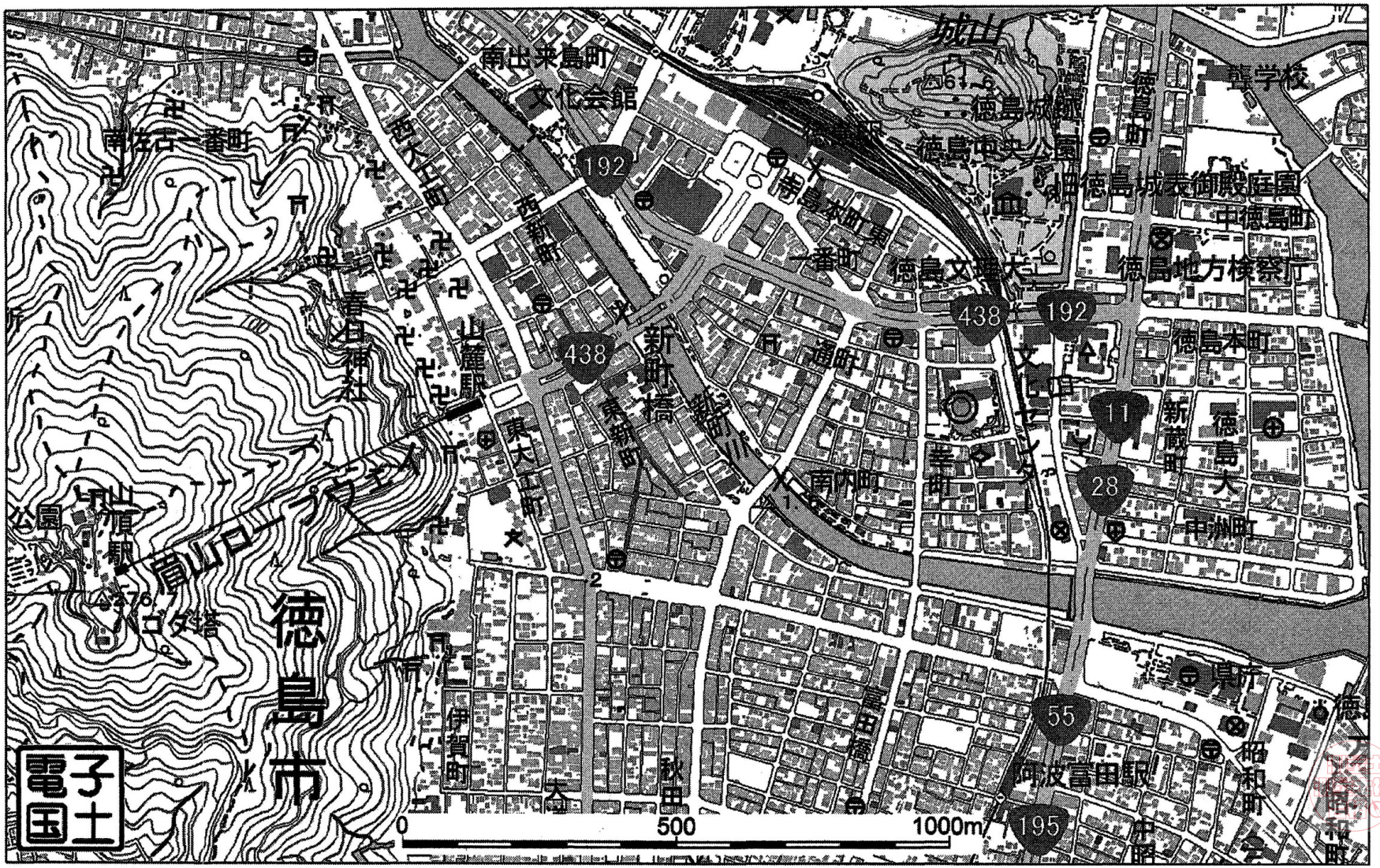
3.図式

4.等高線間隔



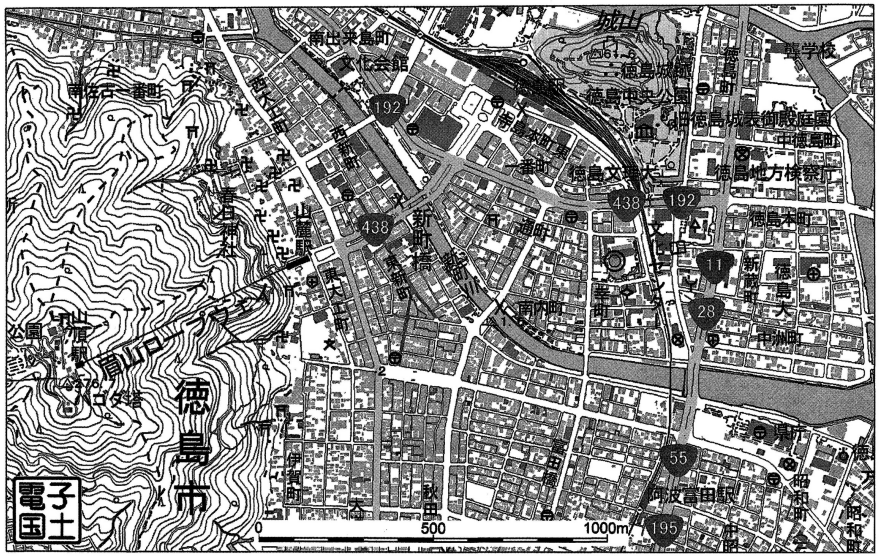
風車・博物館・図書館・老人ホーム・警察と交番・小中学校と高校など、新しいものと似ているものが出やすい傾向がある。

地図の読み取り（例題）



城山
南出来島町
文化会館
南佐古一番町
西大工町
西新町
192
438
新町橋
東新町
東大工町
春日神社
山麓駅
山頂駅
ロダ塔
徳島市
伊賀町
秋田
富田橋
南内町
通町
一番町
徳島文理大
徳島中央公園
徳島城跡
徳島町
徳島地方検察庁
中徳島町
徳島本町
新蔵町
徳島大
中洲町
県庁
昭和町
阿波富田駅
11
28
55
195
0
500
1000m

地図の読み取り（例題H25-22）



図は、電子国土ポータルから国土地理院が提供している地図（一部改変）である。

次の文は、この図に表現されている内容について述べたものである。 明らかに間違っているものはどれか。 次の中から選べ。

1.山麓駅と山頂駅の標高差は約250 mである。

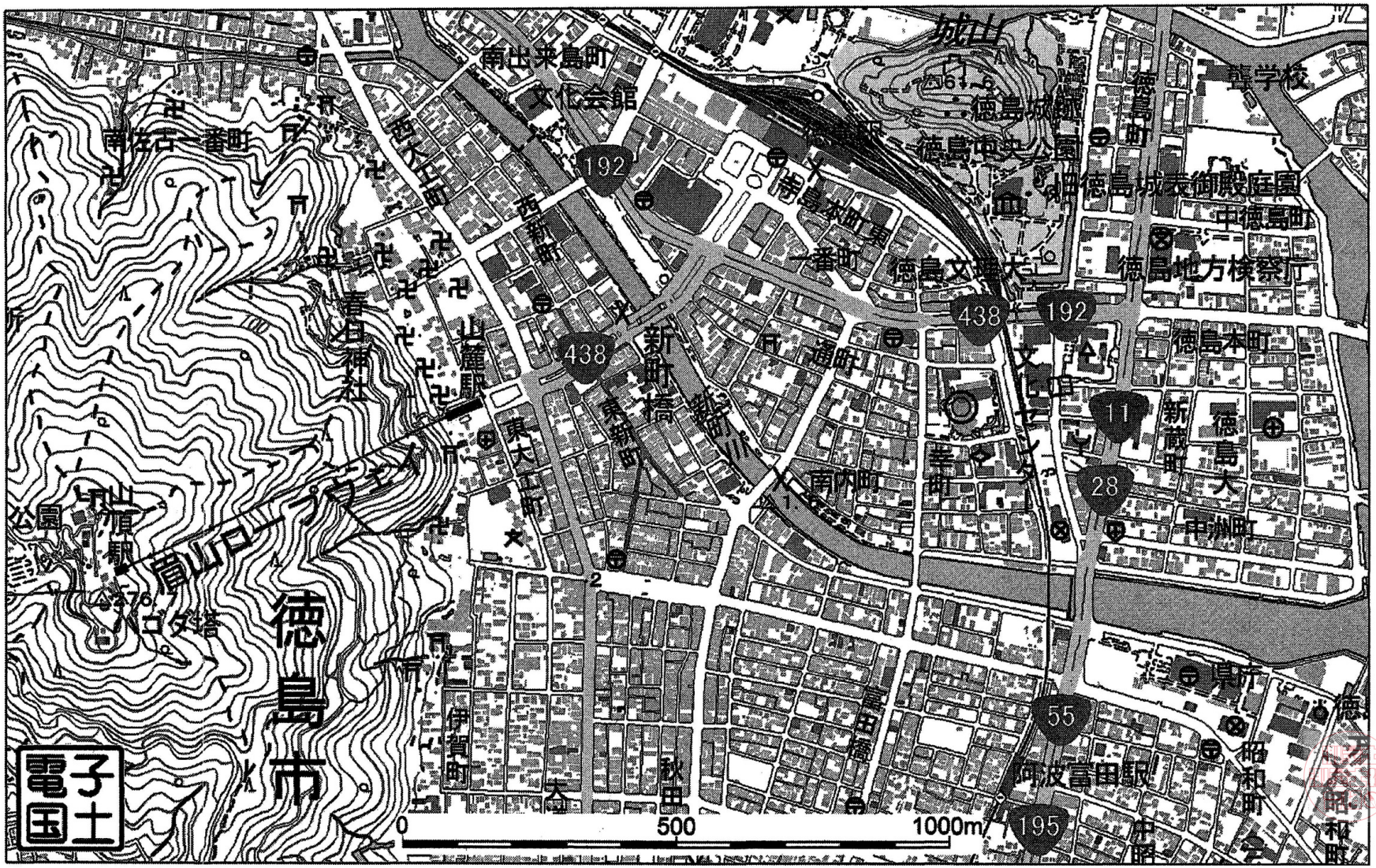
2.税務署と裁判所の距離は約460 mである。

3.消防署と保健所の距離は約350 mである。

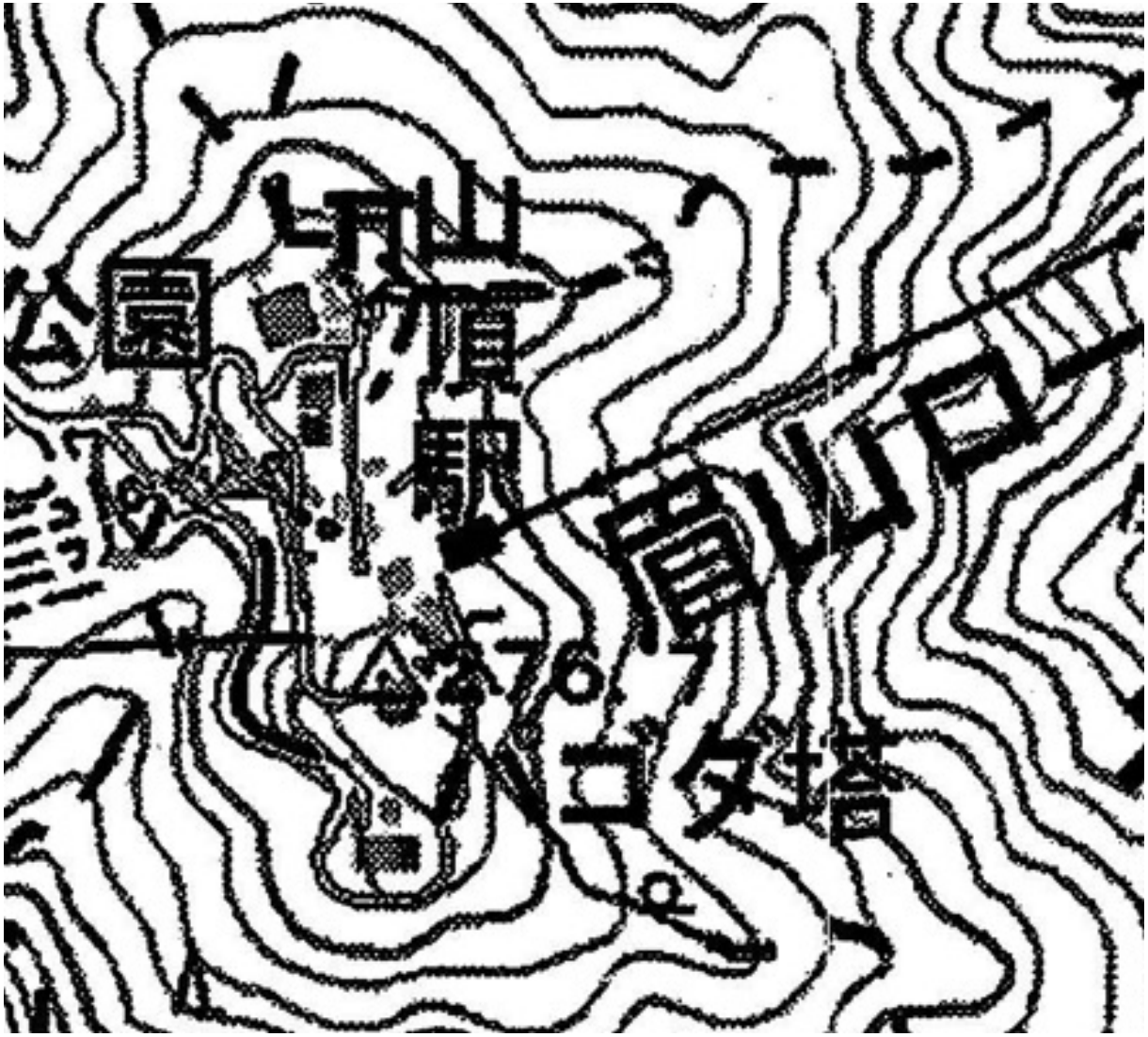
4.裁判所の南側に消防署がある。

5.市役所の東側に図書館がある。

1.山麓駅と山頂駅の標高差は約250 mである。

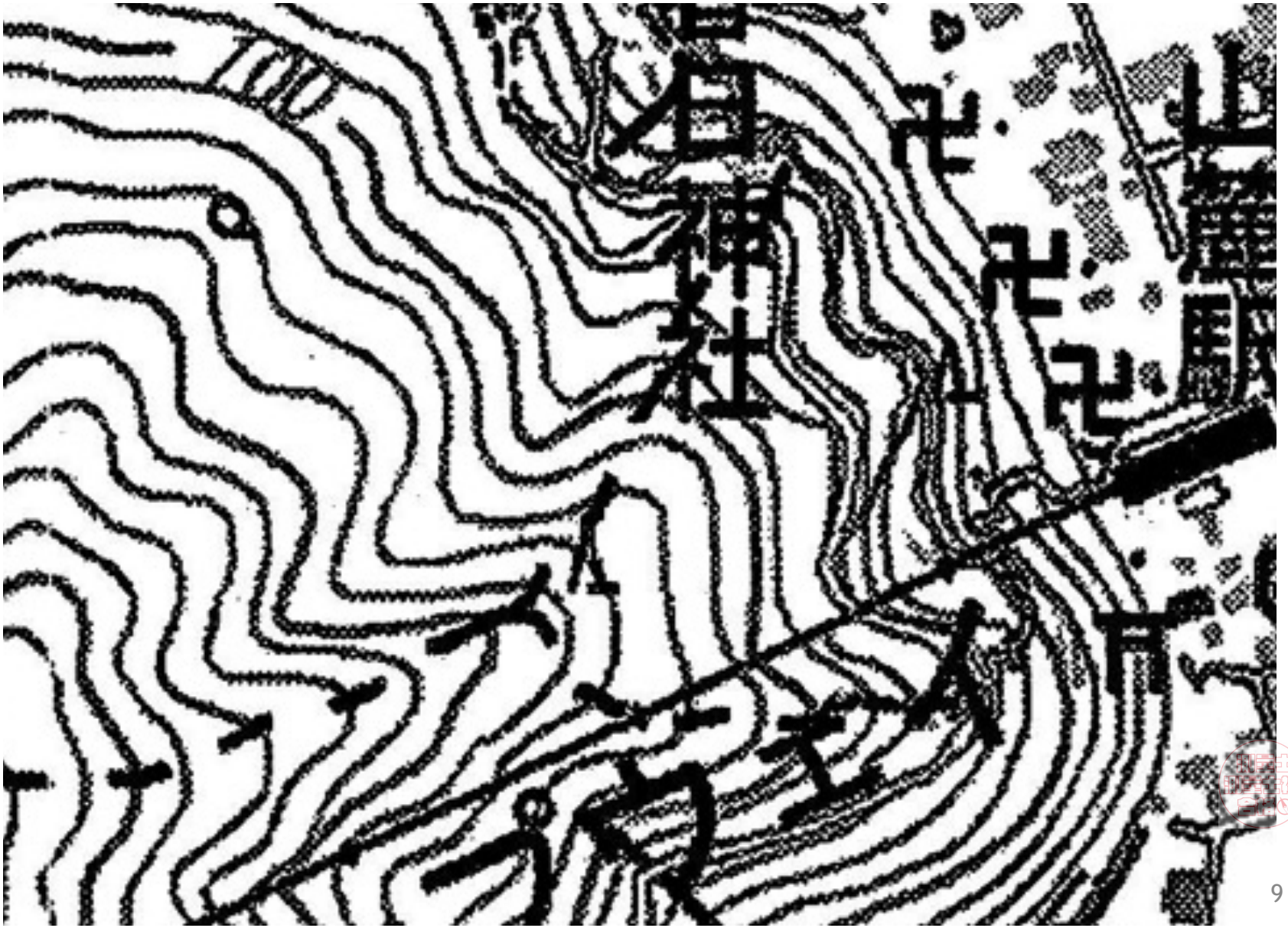


1.山麓駅と山頂駅の標高差は約250 mである。

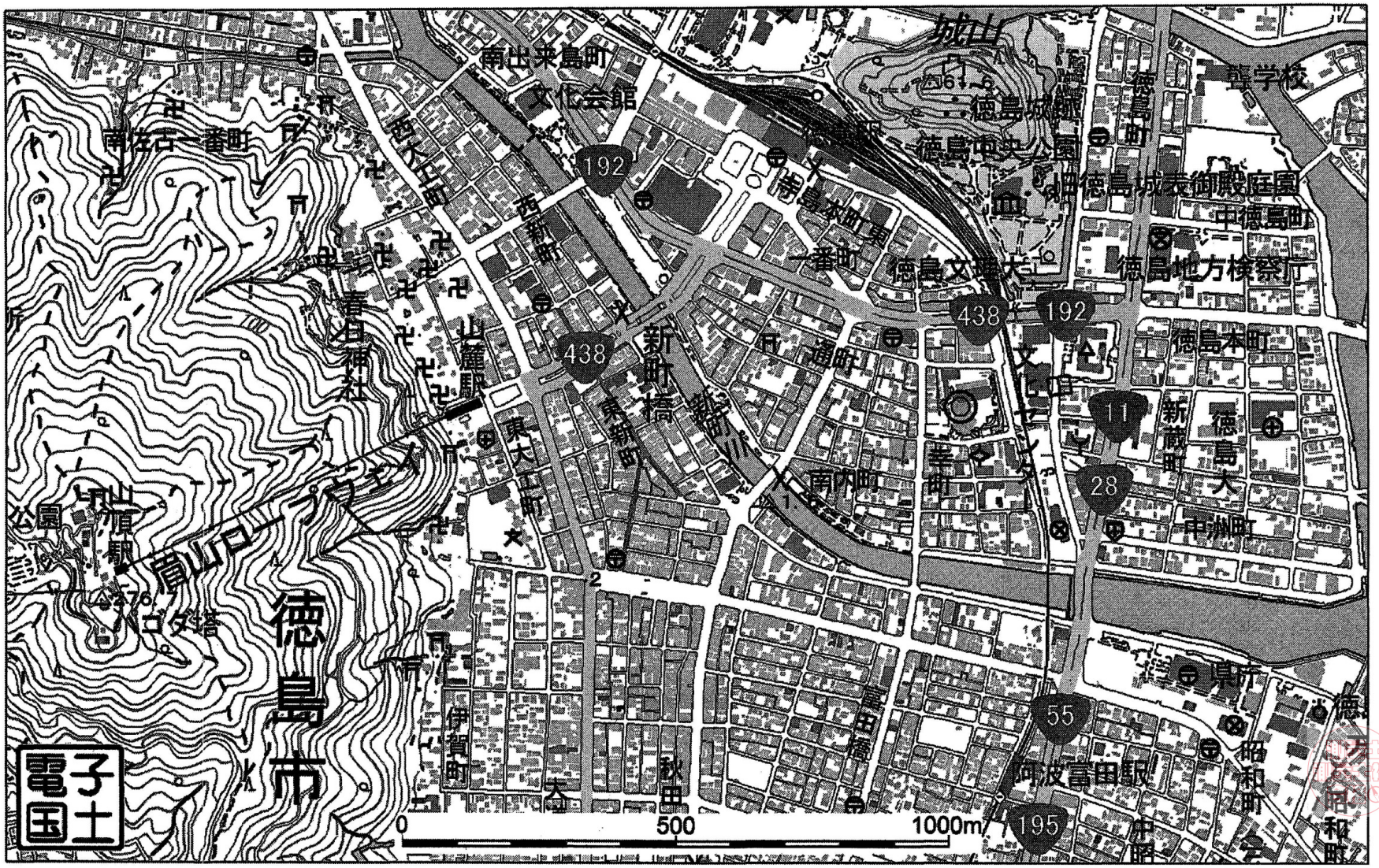


1.山麓駅と山頂駅の標高差は約250 mである。

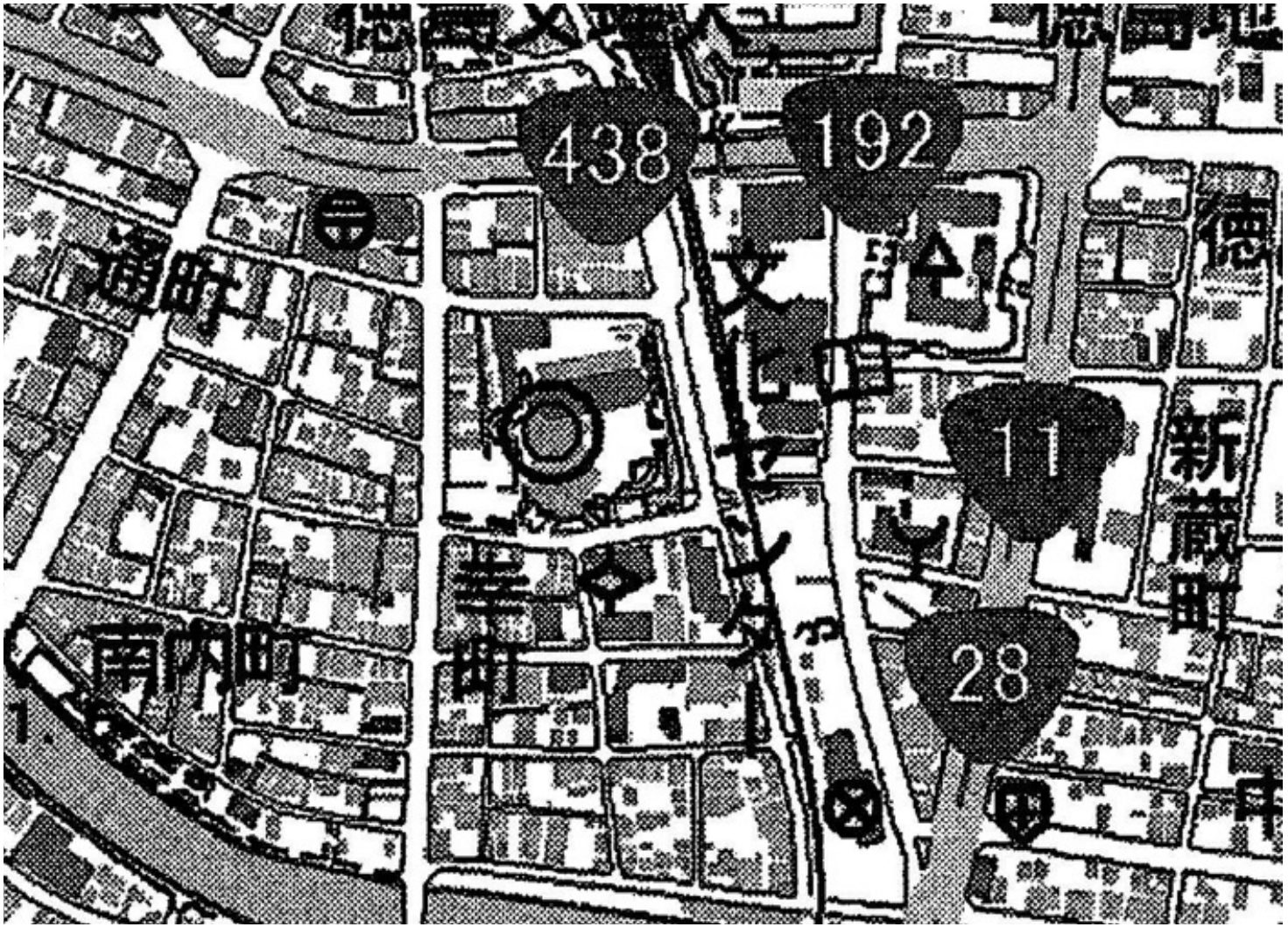
1.山麓駅と山頂駅の標高差は約250 mである。



2.税務署と裁判所の距離は約460 mである。



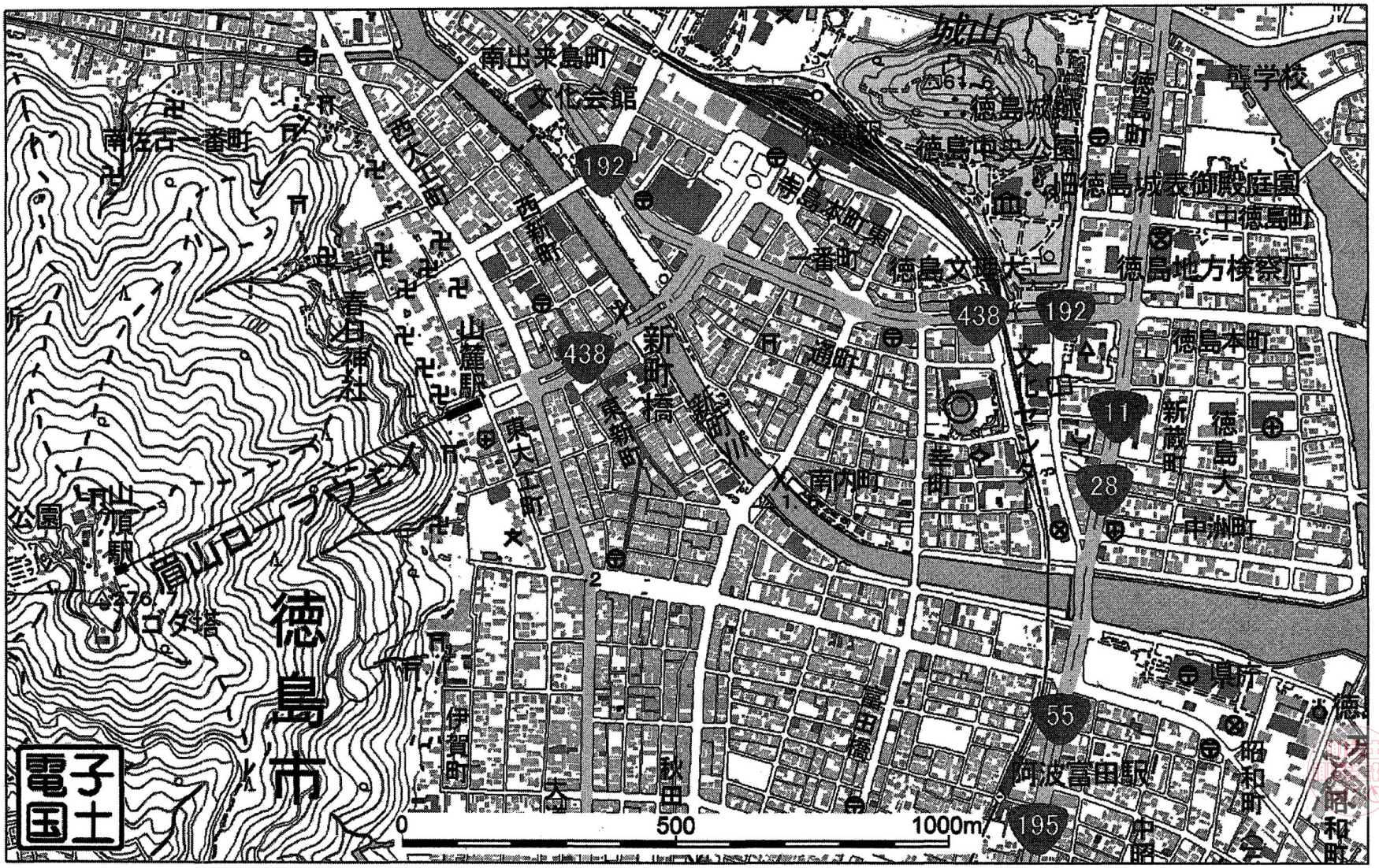
2.税務署と裁判所の距離は約460 mである。



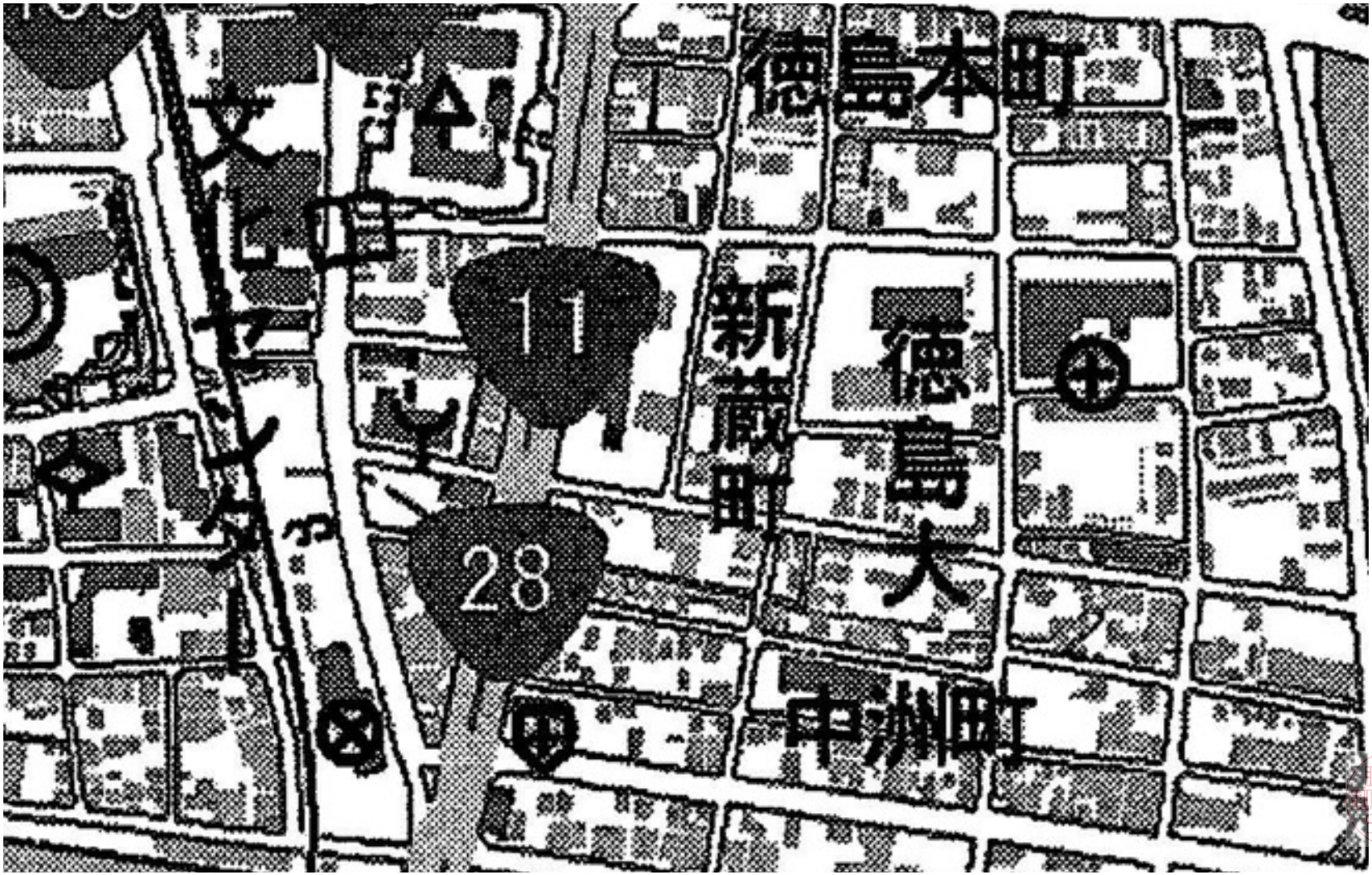
2.税務署と裁判所の距離は約460 mである。

実際の距離　　図上の距離　　実際の距離　　図上の距離

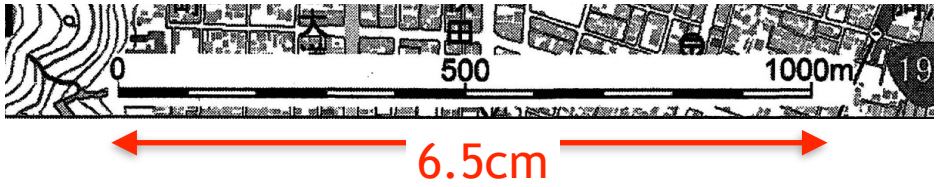
3.消防署と保健所の距離は約350 mである。



3.消防署と保健所の距離は約350 mである。

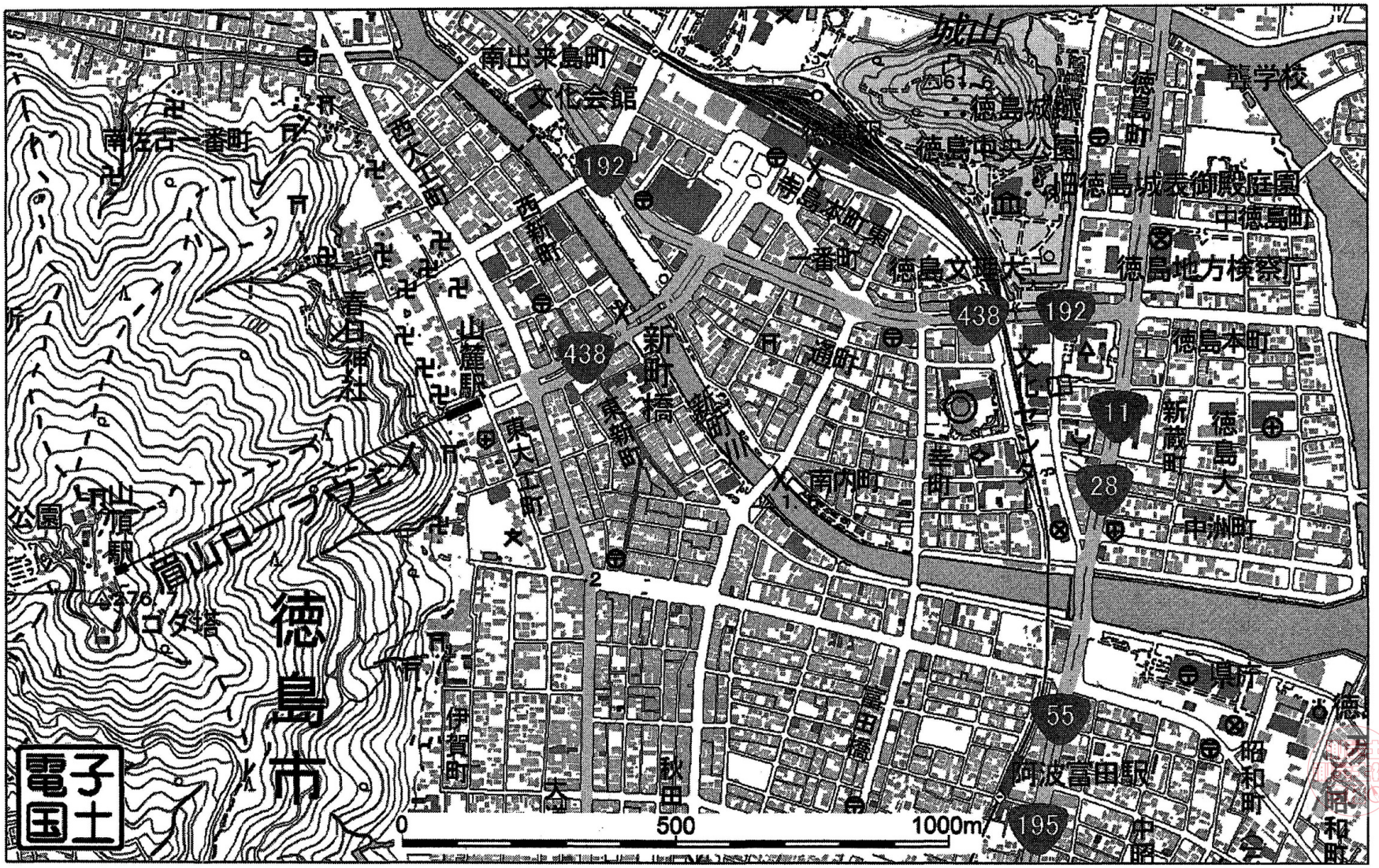


3.消防署と保健所の距離は約350 mである。

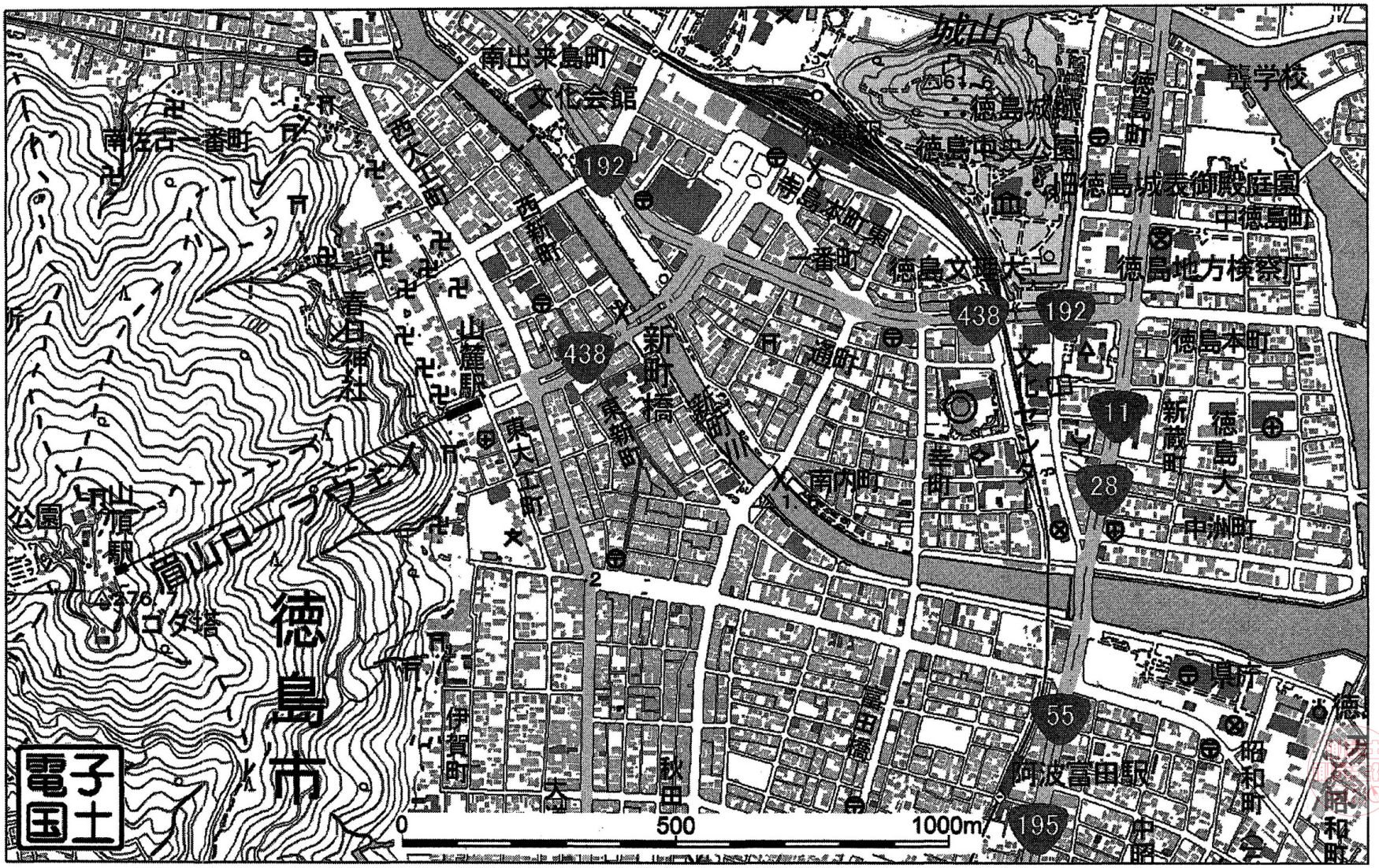


実際の距離　　図上の距離　　実際の距離　　図上の距離

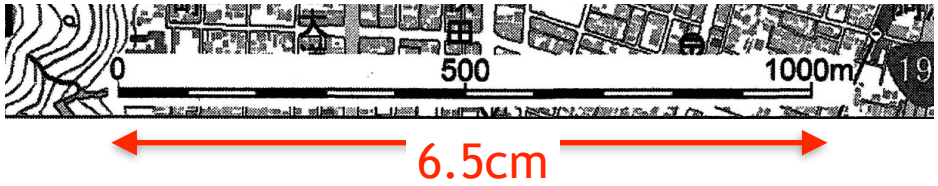
4.裁判所の南側に消防署がある。



5.市役所の東側に図書館がある。



別解



$$\frac{0.065\text{m}}{1000\text{m}} = \frac{1}{M} = \frac{1}{\quad}$$

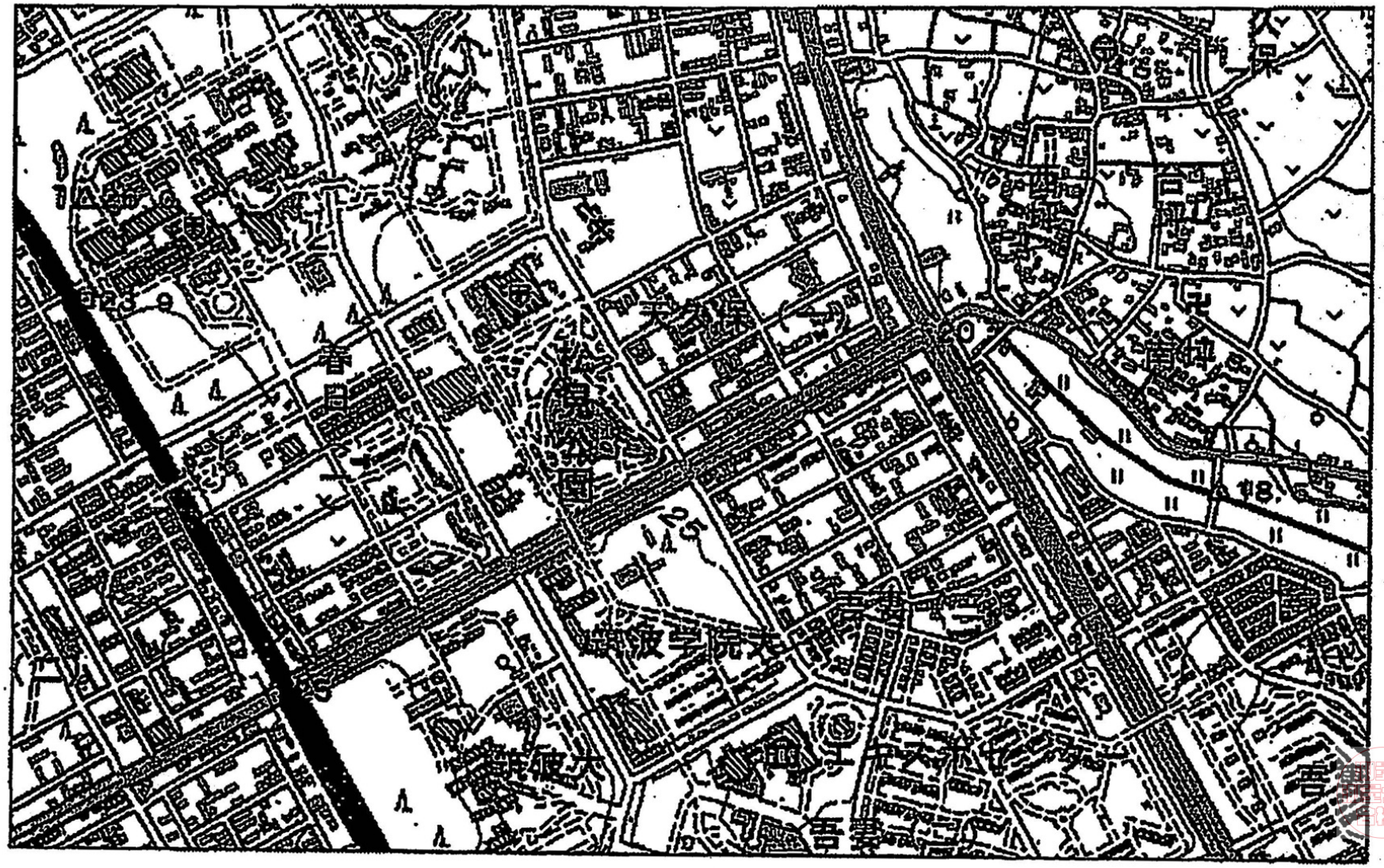
地図編集　2

地図の読解問題
（緯度経度）

解答のポイント

- 定規で線を引く
- 緯度は下から上がプラス
- 経度は左から右がプラス

地図の読み取り（例題H26-21）

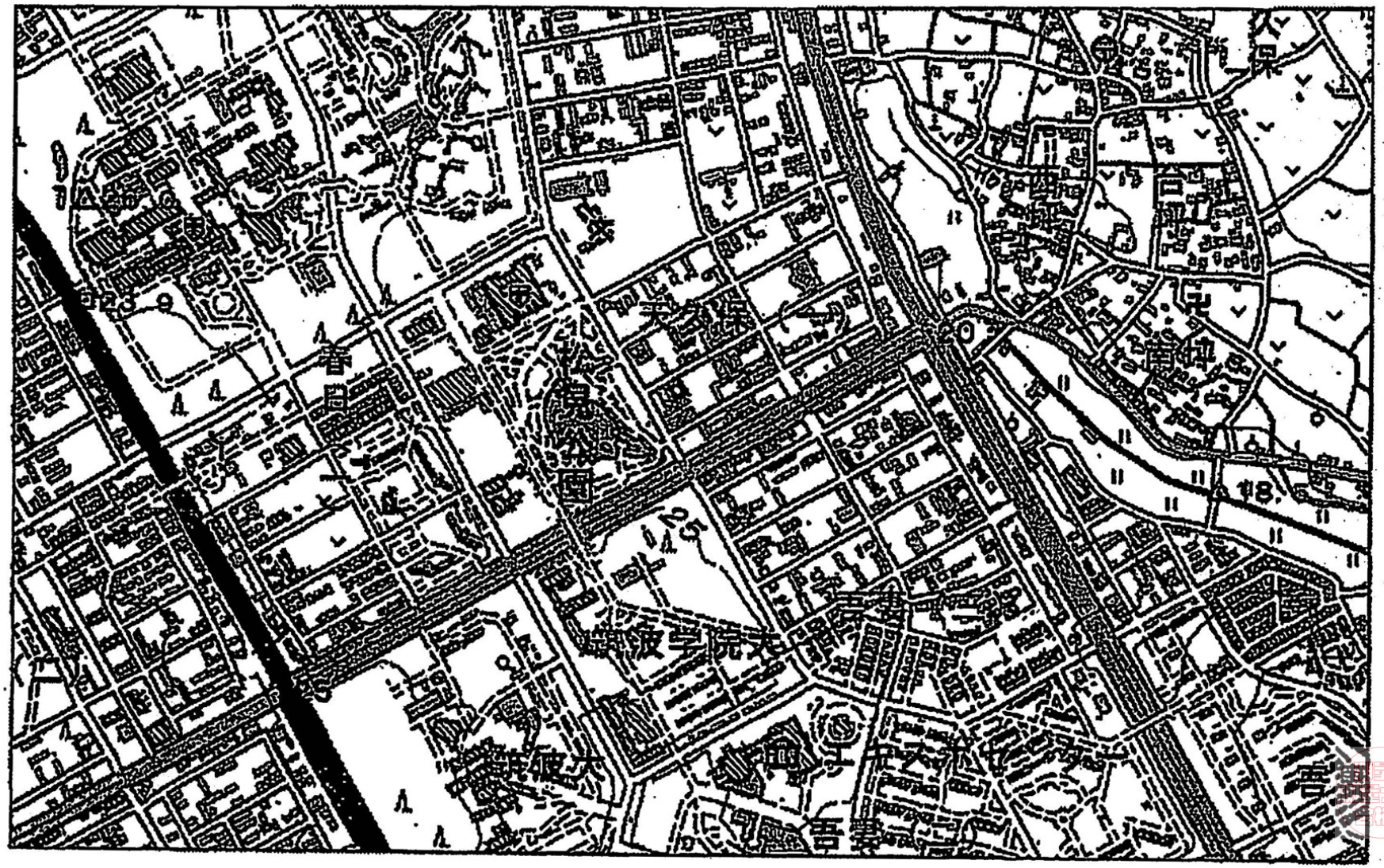


地図の読み取り（例題H26-21）

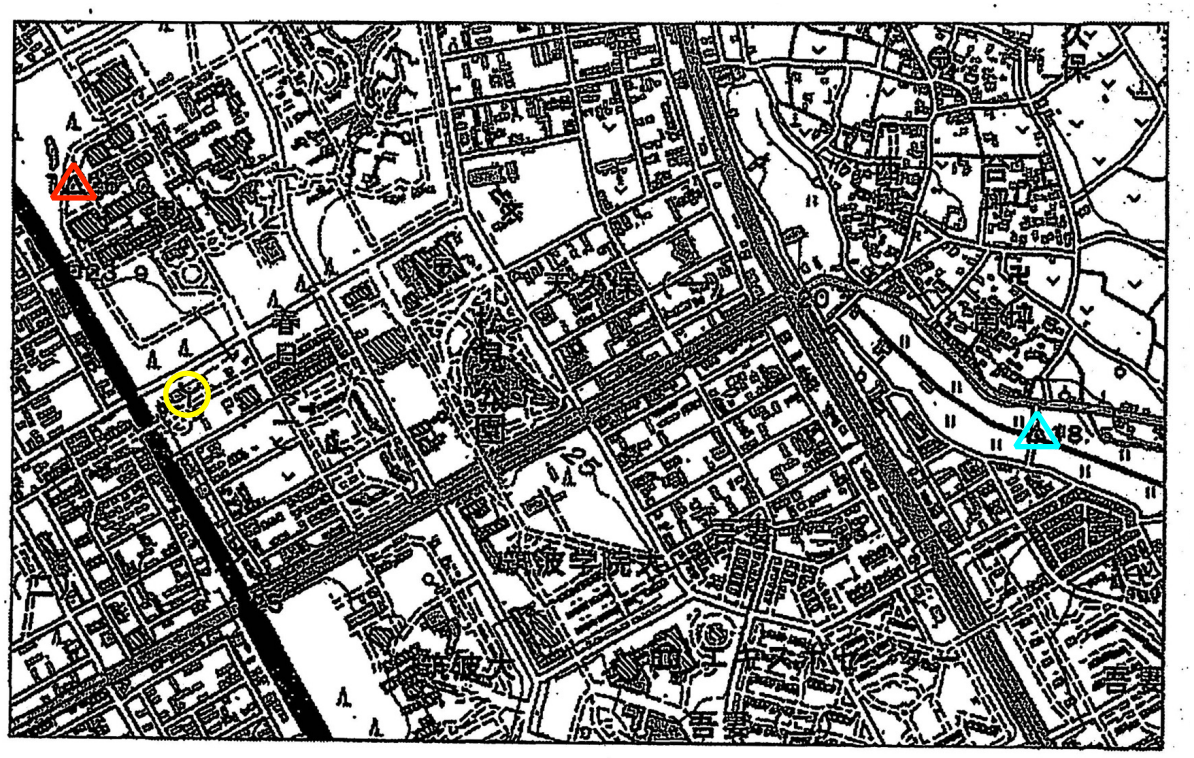
図は国土地理院刊行の電子地形図25000(縮尺を変更，一部改変）の一部である。この図内に示す消防署の経緯度は幾らか。ただし、表に示す数値は，図内に示す三角点の経緯度及び標高を表す。

種　別	経　度	緯　度	標高(m)
三等三角点	東経 140° 06′ 00″	北緯 36° 05′ 36″	25.98
四等三角点	東経 140° 07′ 02″	北緯 36° 05′ 23″	18.48

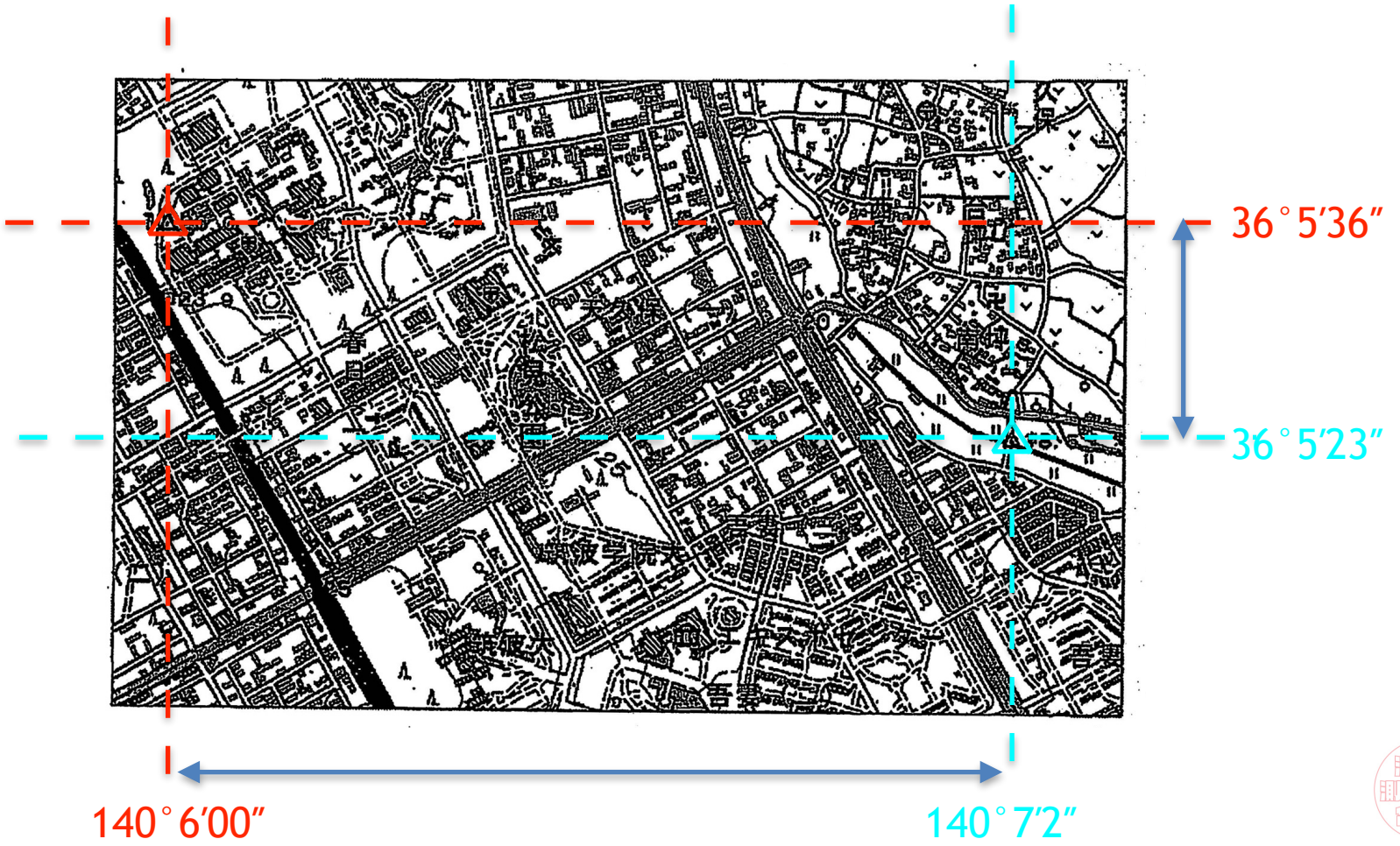
地図の読み取り（例題H26-21）



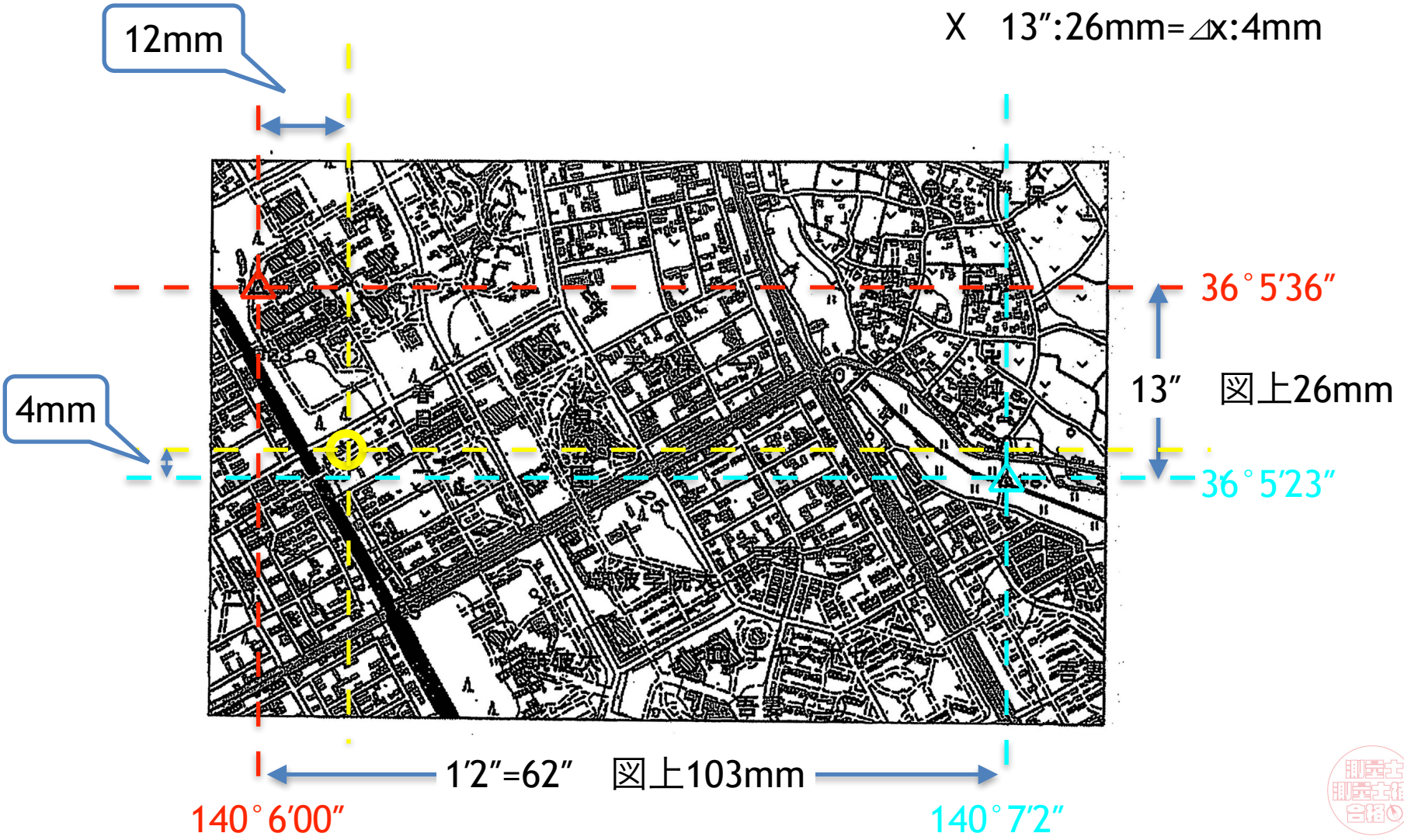
地図の読み取り（例題H26-21）



地図の読み取り（例題H26-21）



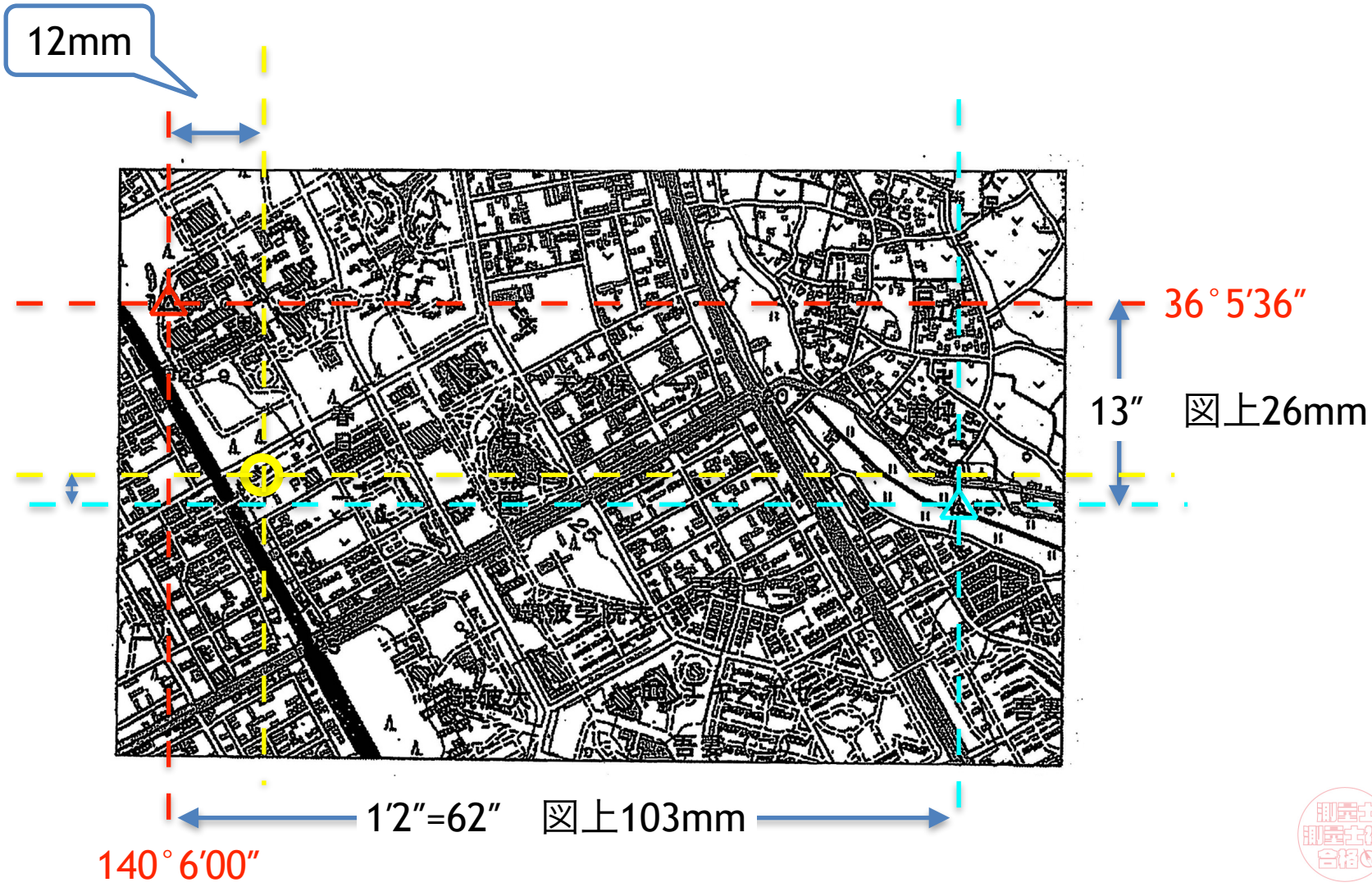
地図の読み取り（例題H26-21）



地図の読み取り（例題H26-21）

X　13″:26mm=⊿x:4mm

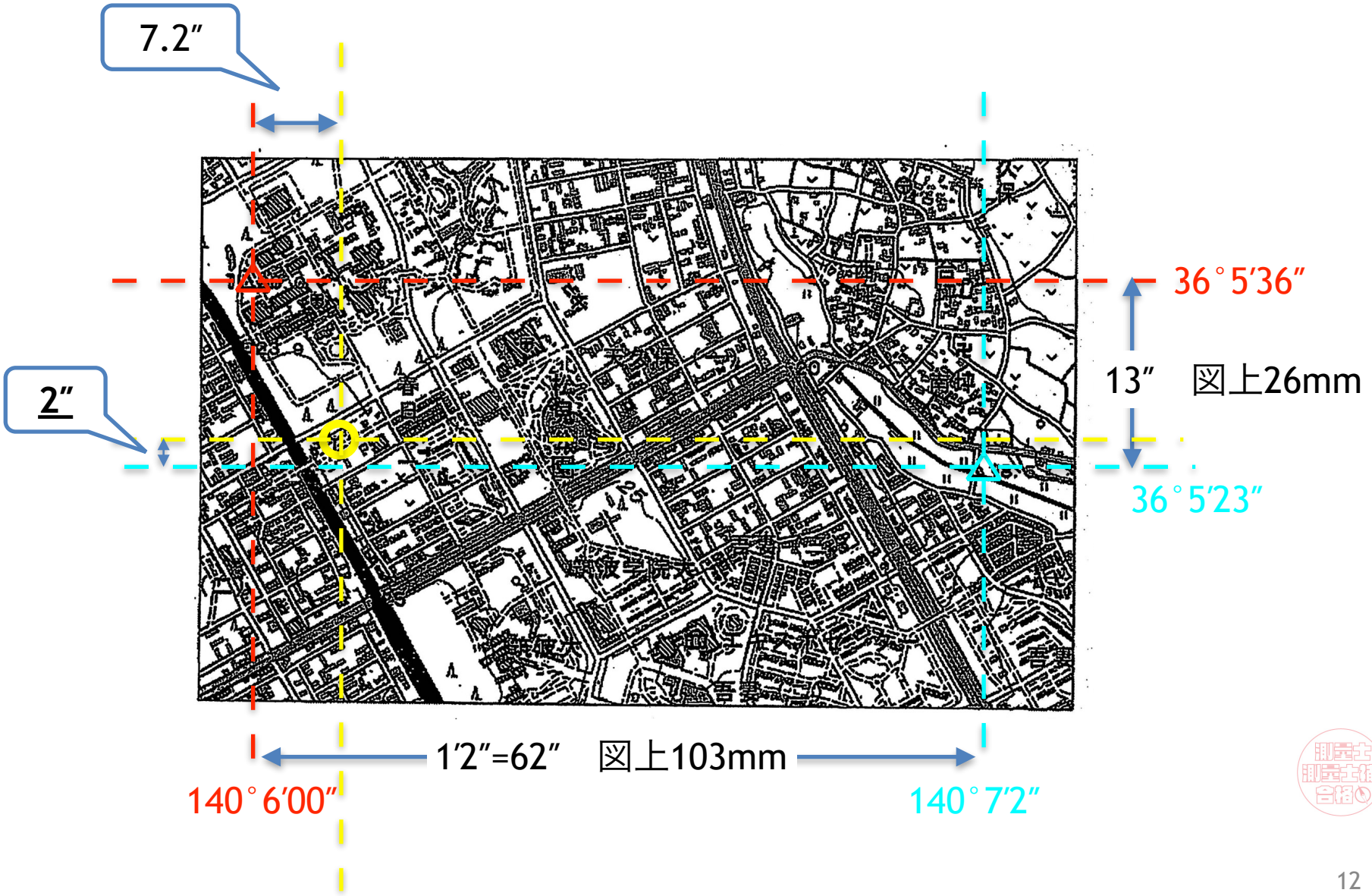
地図の読み取り（例題H26-21）



地図の読み取り（例題H26-21）

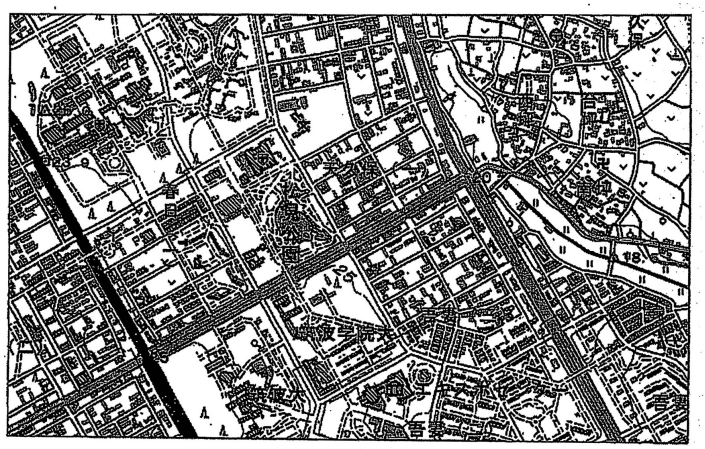
Y　62″:103mm=⊿y:12mm

地図の読み取り（例題H26-21）



地図の読み取り（例題H26-21）

図は国土地理院刊行の電子地形図25000(縮尺を変更，一部改変）の一部である。この図内に示す消防署の経緯度は幾らか。ただし、表に示す数値は，図内に示す三角点の経緯度及び標高を表す。



種　別	経　度	緯　度	標高(m)
三等三角点	東経 140°06′00″	北緯 36°05′36″	25.98
四等三角点	東経 140°07′02″	北緯 36°05′23″	18.48

答え
北緯
東経

地図編集　3

地形・地物の描画順序（優先順位）

地形・地物の描画順序（優先順位）

基準点 → → → → → **境界**

ポイント

・[　　]位置の基準となるものが優先

・[　　]のものが優先

・[　　]あるものが優先

・[　　]は建物扱い

地図編集　4

地理情報標準とJPGIS

地理空間情報とは

法律において「地理空間情報」とは、第一号の情報又は同号及び第二号の情報からなる情報をいう。

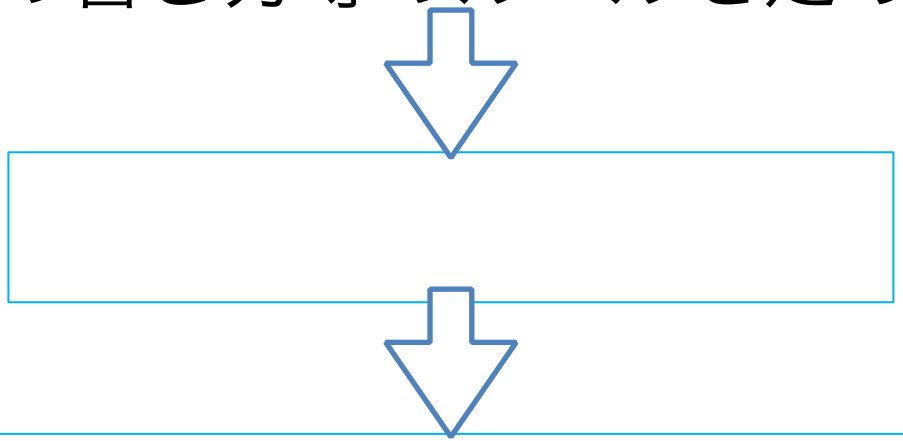
一　空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報（当該情報に係る時点に関する情報を含む。以下「位置情報」という。）

二　前号の情報に関連付けられた情報

地理空間情報＝「　　」＋「　　」

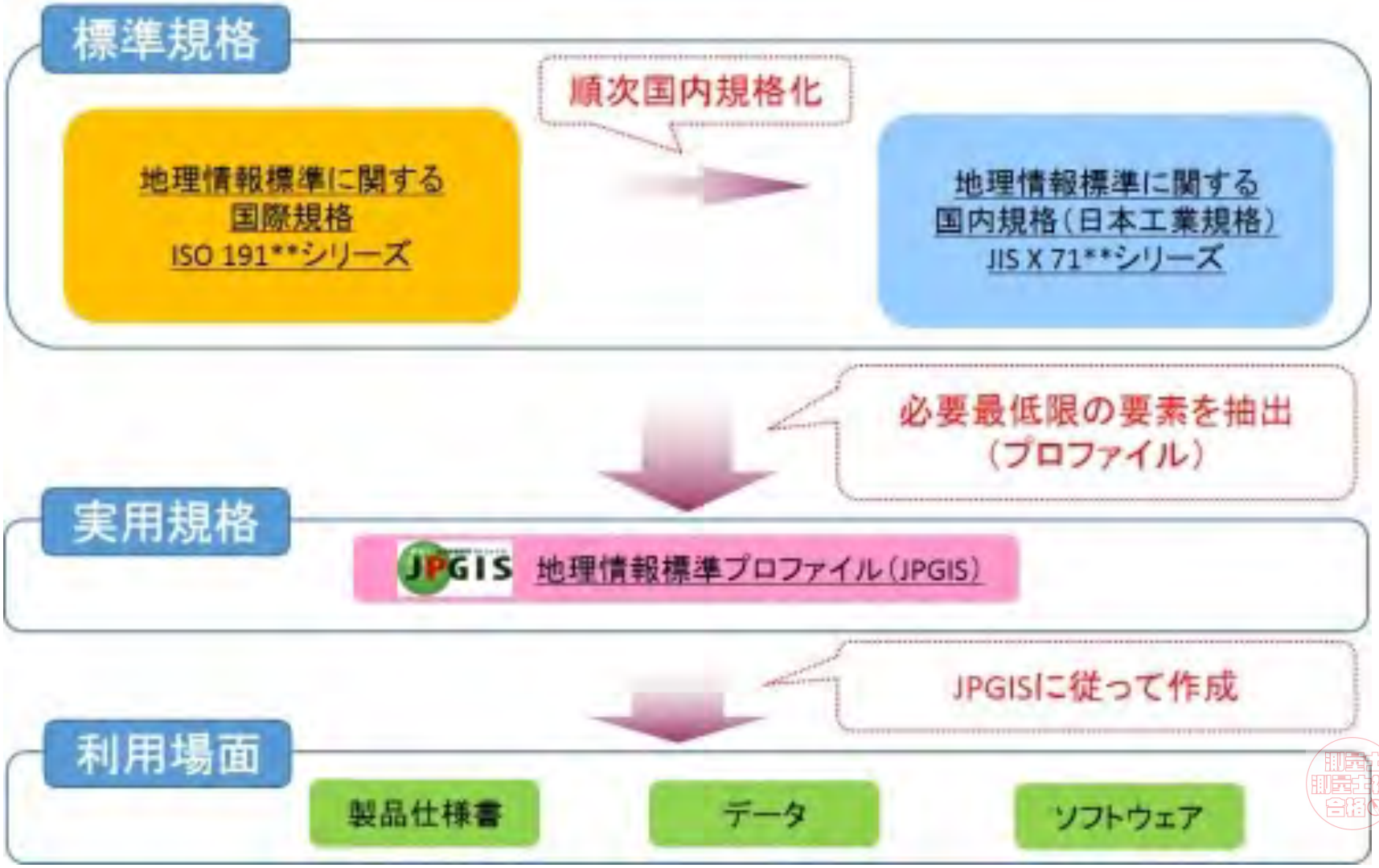
地理情報標準とは

ＧＩＳの基盤となる空間データ（地理空間情報）を、異なるシステム間で相互利用する際の互換性の確保を主な目的に、データの設計、品質、記述方法、仕様の書き方等のルールを定めたもの



地理情報標準とは

国土地理院HPより



地理情報標準プロファイル（JPGIS）

1)製品仕様書

2)データ・ソフトウェアの標準化

3)データの品質表示

4)メタデータでの情報流通

1)製品仕様書＝データの設計図

データの定義・構造・品質・記録方法等を統一化された考え方や基準のもとで、利用目的に応じたデータ仕様を決めることができる。

製品仕様書は、
データ作成時には「　　」として、データ交換時には「　　」として使用することができる。

2)データ・ソフトウェアの標準化 ＝相互運用性の確保

標準化により様々なGISソフトウエア上で使用できるようになる。

データ交換時には「　　」し、利用時にはシステムの「　　」する。

これにより、データの相互運用性、正確性・迅速性、再利用性が向上します

3)品質表示

JPGISでは、データの品質をチェックするためのルールを定めています。JPGISで定められた品質チェックの方法にしたがって、データの品質がチェックされ、データは「製品」として流通します。

ここで言う品質とは、

「

」という

事

4)メタデータ=データ（製品）に関する説明情報のこと

（検索システム）に登録するメタデータにデータの入手先を記述することで、利用者がクリアリングハウスで欲しいデータの有無を検索すると同時にオンラインでデータを入手することも可能になる。

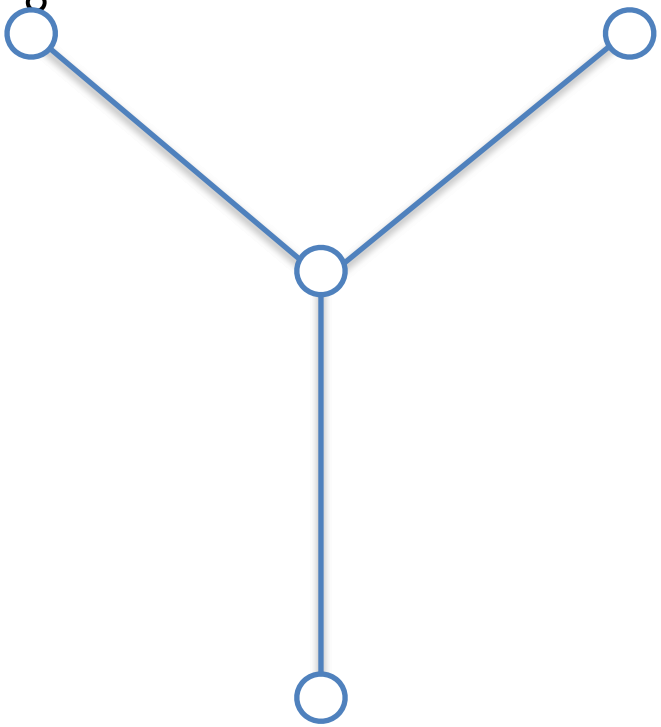
に品質を明示することで、提供者にとっては利用者に対してデータの品質において責任を負うことになり、利用者にとっては安心してデータを利用することができる。

地図編集　5

ラスターデータ
と
ベクターデータ

ベクタデータ

で構成されたデータ。測量設計ではGISの位置情報やCADで用いられる。座標値なのでデータをコピーしても劣化しない。拡大縮小しても線の太さは変わらない。



紙ベースの情報

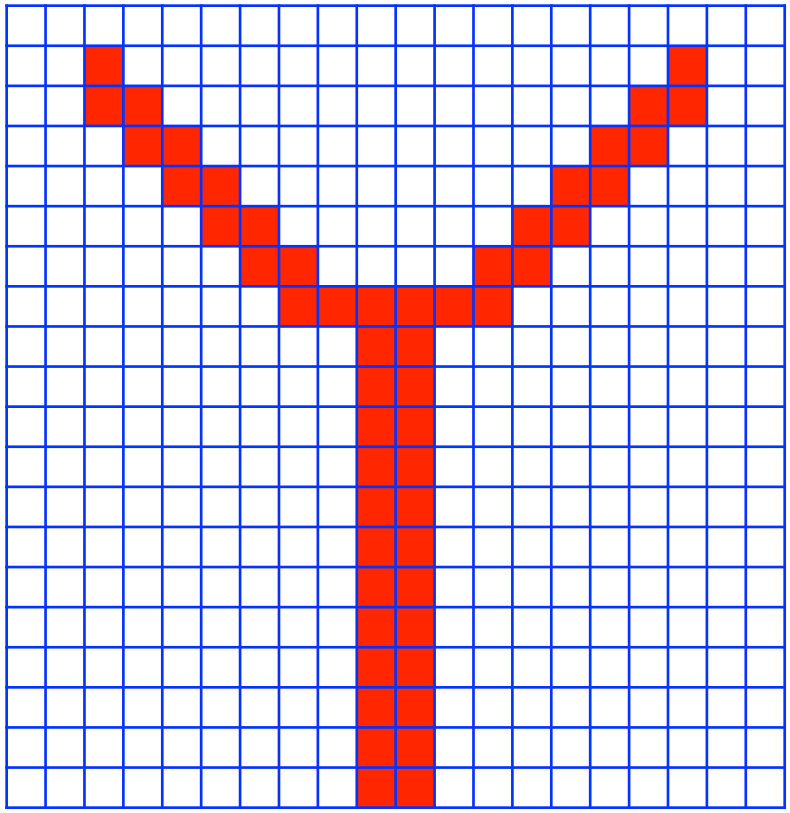
↓

↓

ベクタデータ

ラスタデータ

を塗りつぶしたデータ。デジタルカメラで撮影した写真など。



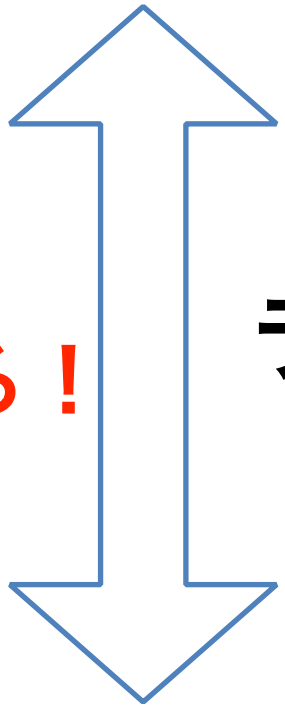
紙ベースの情報

↓

↓

ラスタデータ

ベクタデータ



「　　」する！

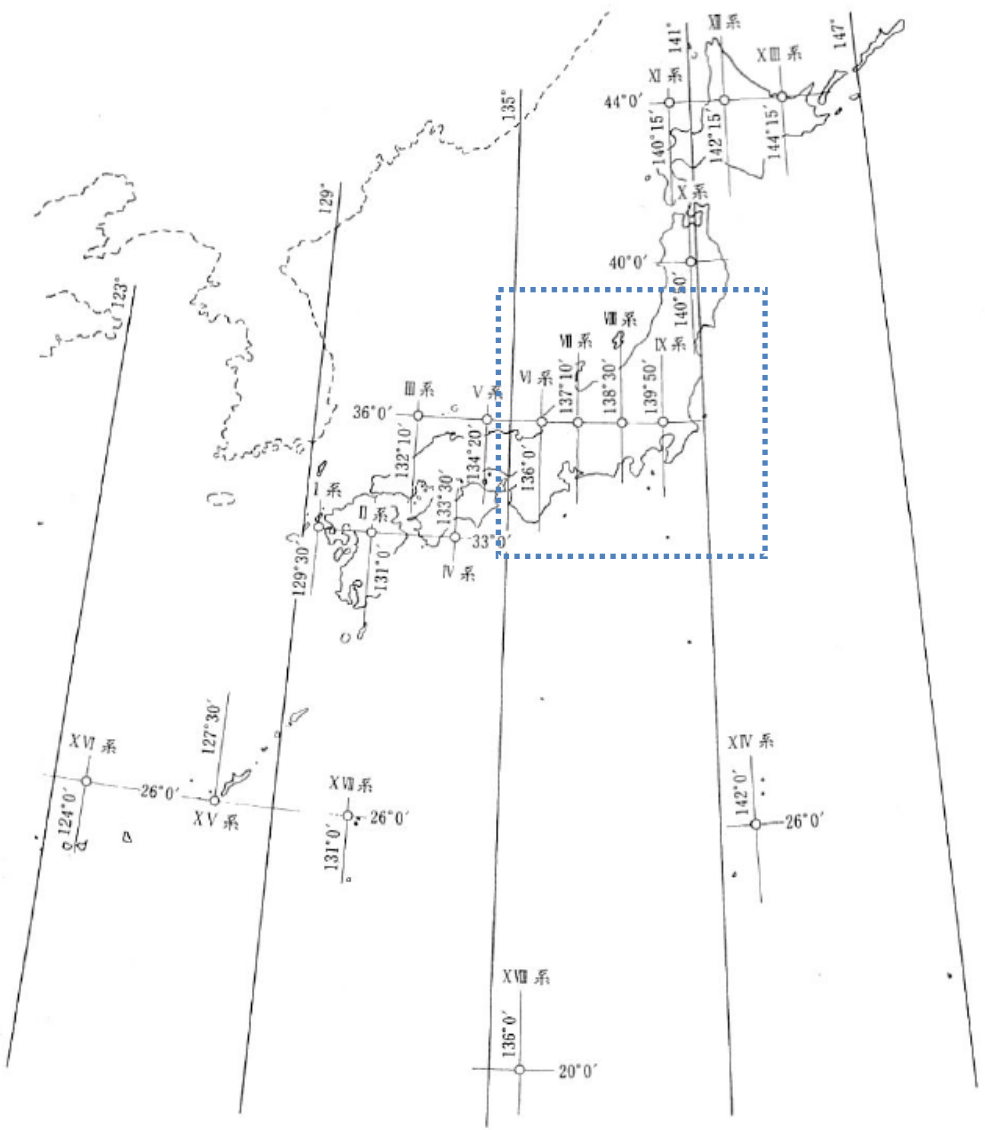
ラスタ・ベクタ変換

ラスタデータ

地図編集　6

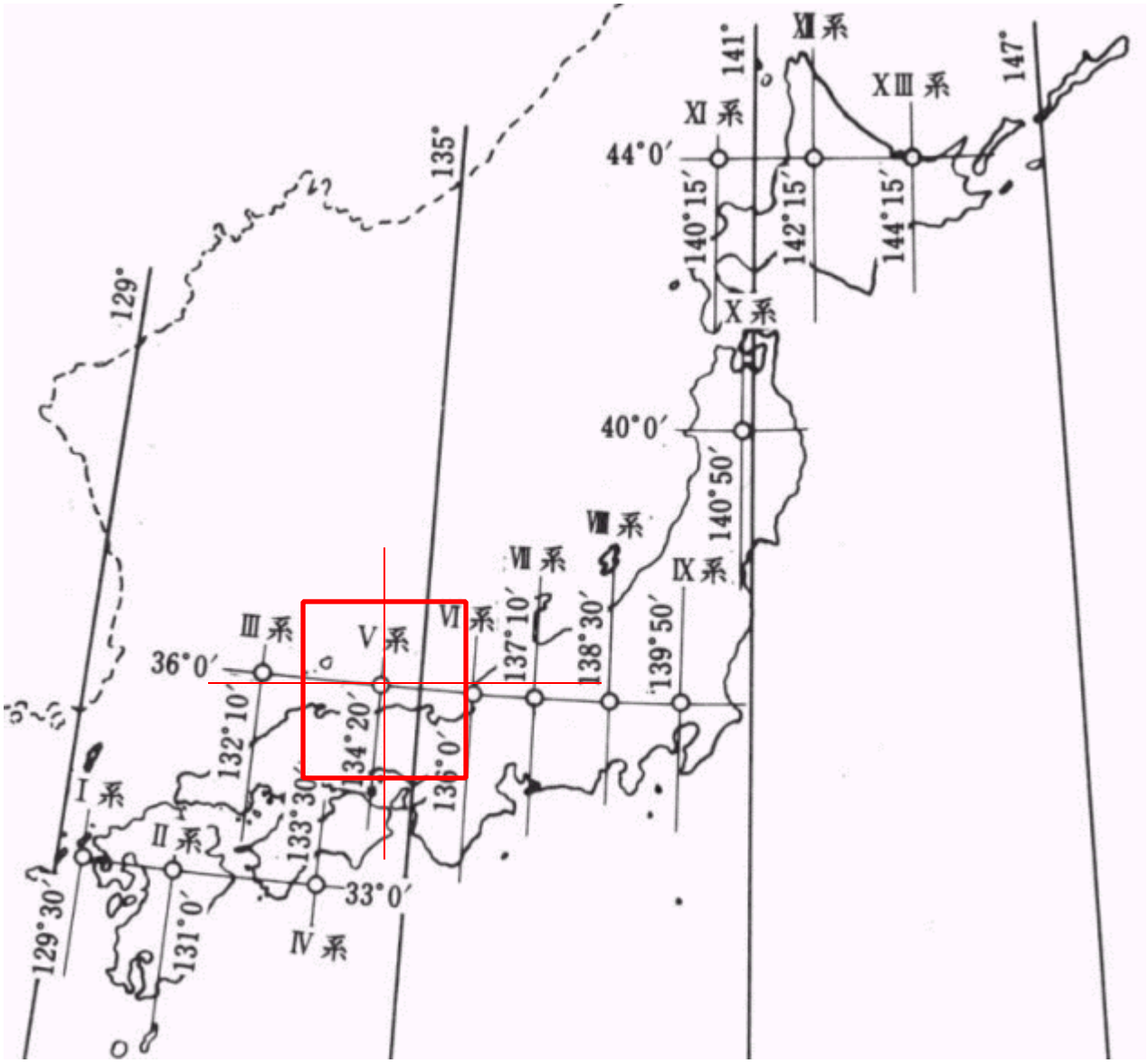
平面直角座標とUTM座標

平面直角座標とは？

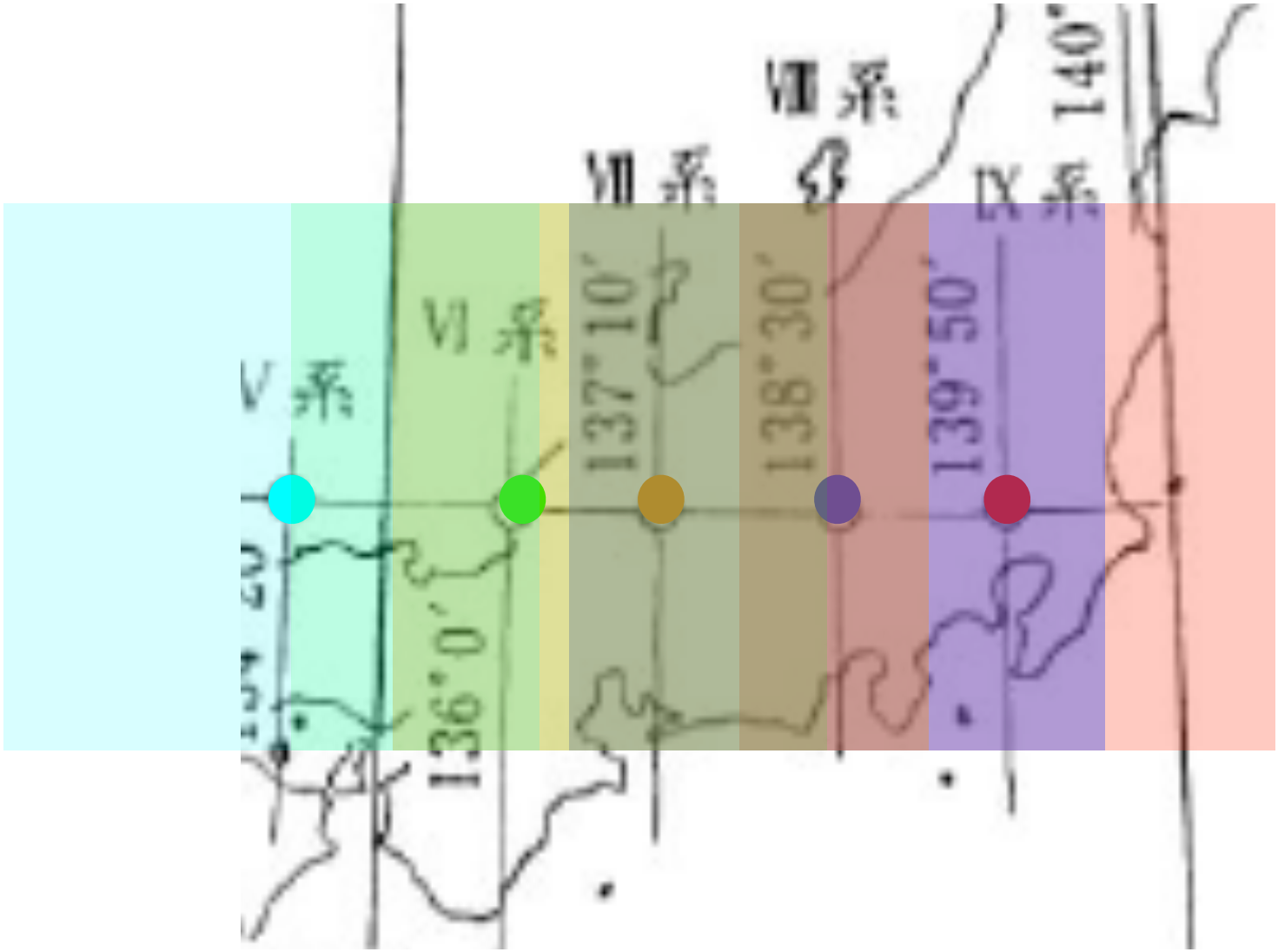


この座標系は日本全国（北方四島を除く）を[　　]のブロックに分け，それぞれのブロックをガウス・クリューゲル図法で投影するものである。

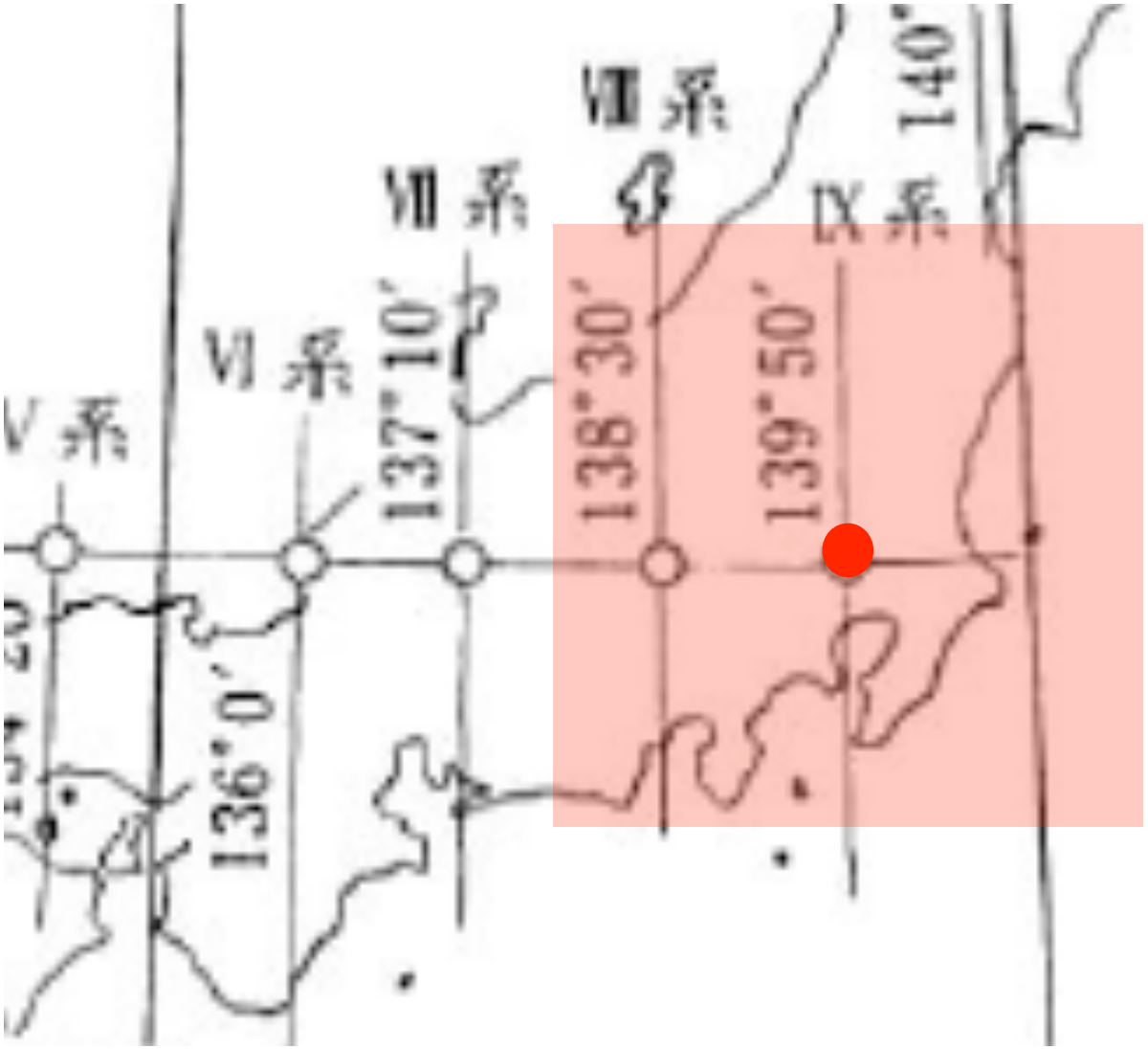
AREA（平面直角座標）


I系
II系
III系
IV系
V系
VI系
VII系
VIII系
IX系
X系
XI系
XII系
XIII系
129°30′
129°
131°0′
132°10′
133°30′
134°20′
135°
136°0′
137°10′
138°30′
139°50′
140°50′
140°15′
141°
142°15′
144°15′
147°
33°0′
36°0′
40°0′
44°0′

平面直角座標とは？



平面直角座標とは？



平面直角座標の特徴

○[　　]である。

○座標は縦軸を[　　]軸、横軸を[　　]軸とする。

○原点の座標値は

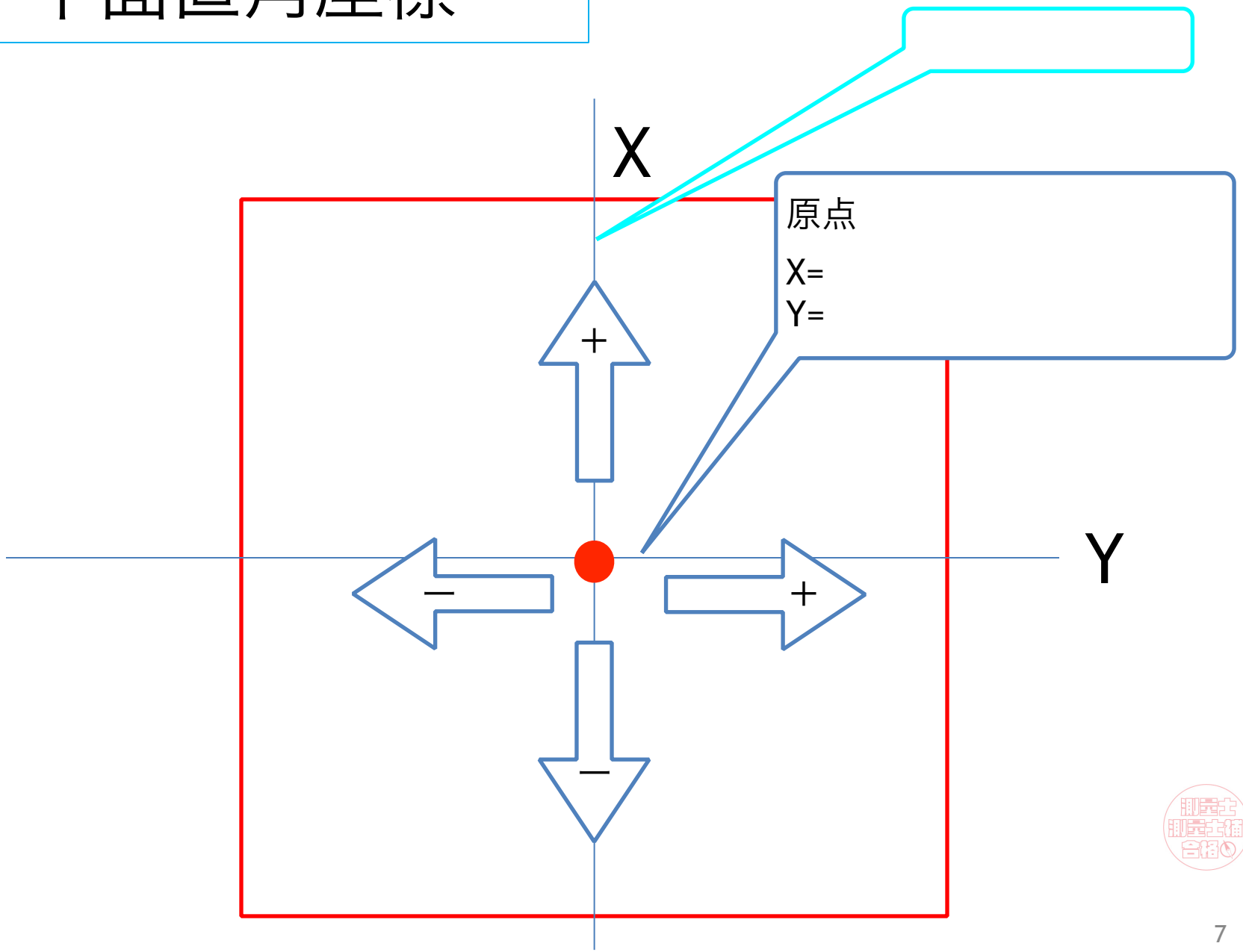
X＝[　　]m　Y=[　　]m

原点から東方向・北方向が[　　]

原点から西方向・南方向が[　　]

○中央経線上の縮尺係数を[　　]とし，中央経線より東西方向に約[　　]km離れた所で[　　]となる。適用範囲は[　　]kmまでで縮尺係数は

平面直角座標



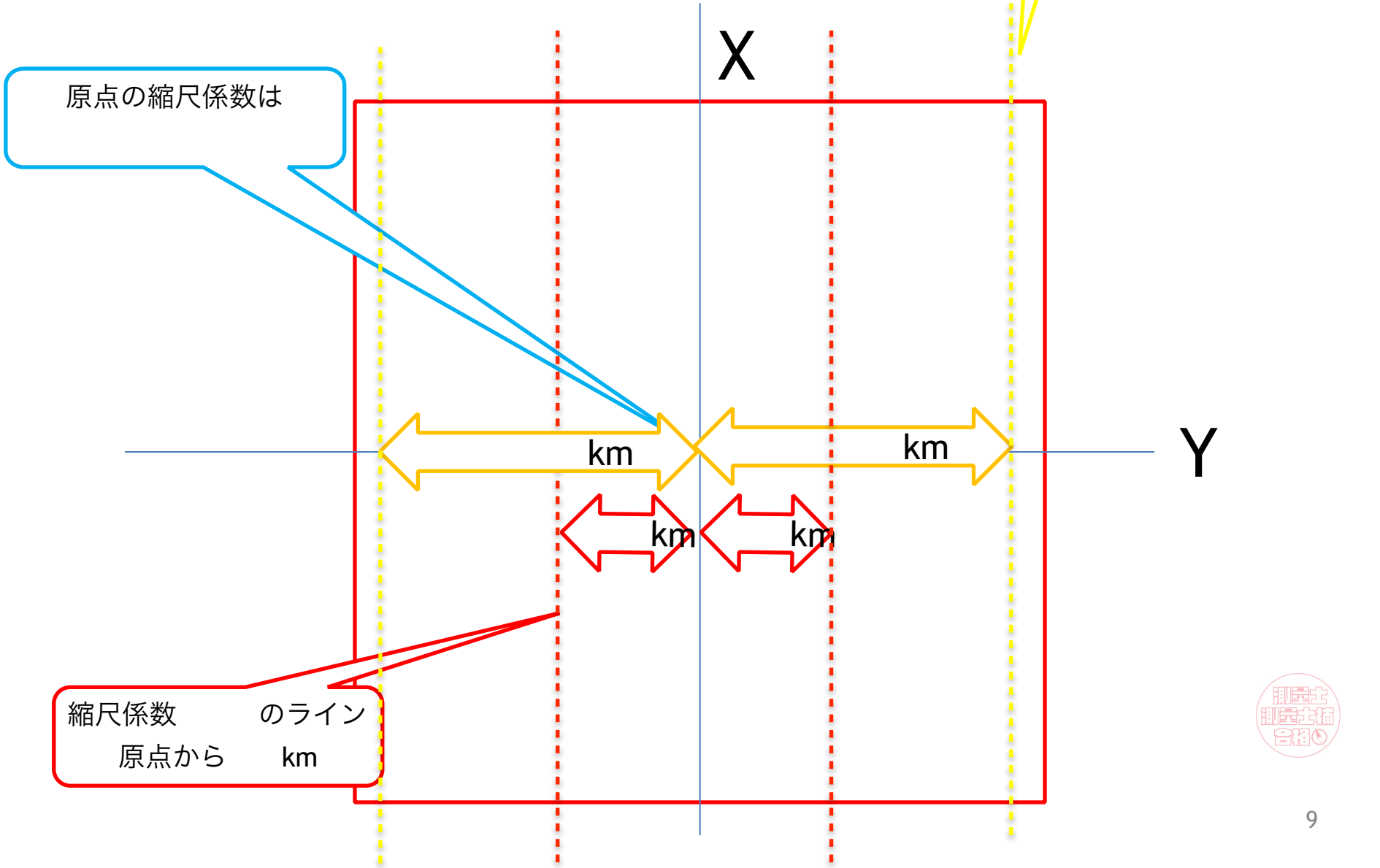
縮尺係数

縮尺係数とは、曲面（楕円体・地球）を平面（紙・地図）で表した時の歪みのこと。

１以下の場合は実物よりも[　　]、

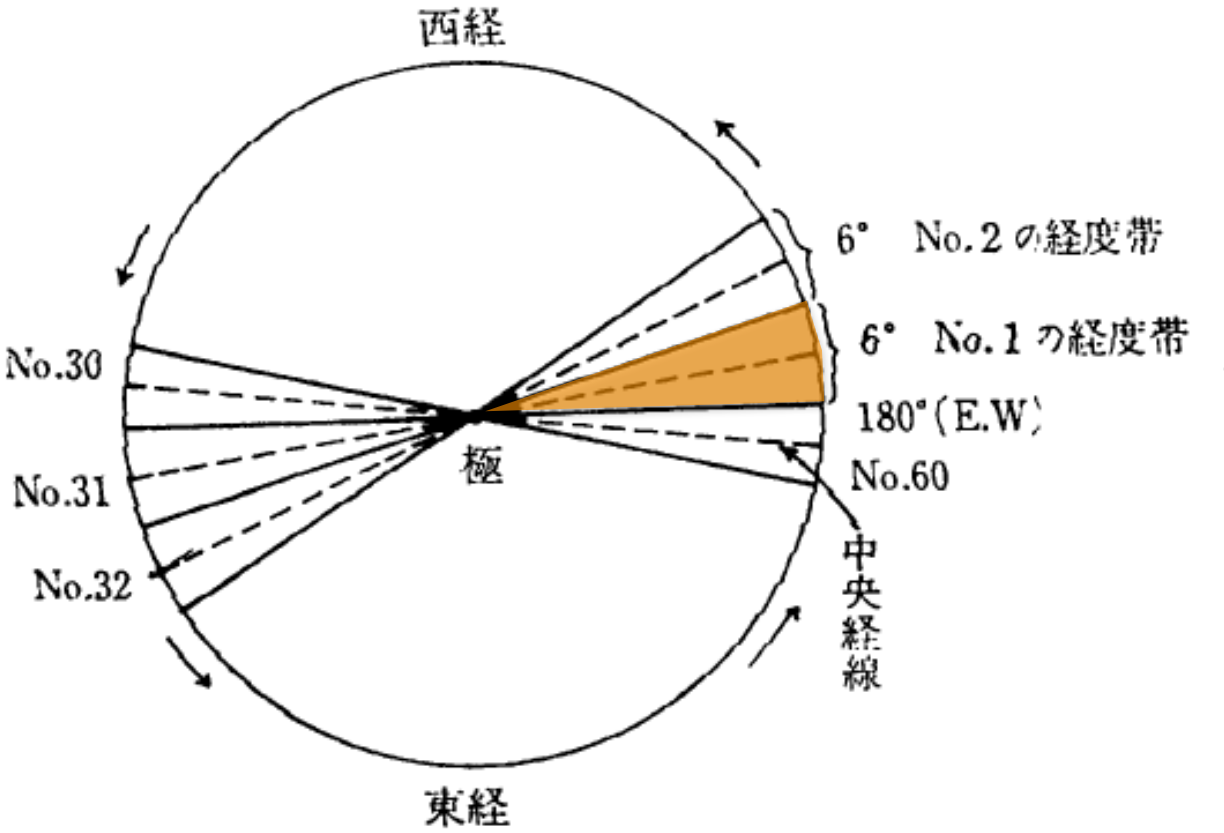
１位上の場合は実物より[　　]投影されます。

イメージ



UTM座標とは？

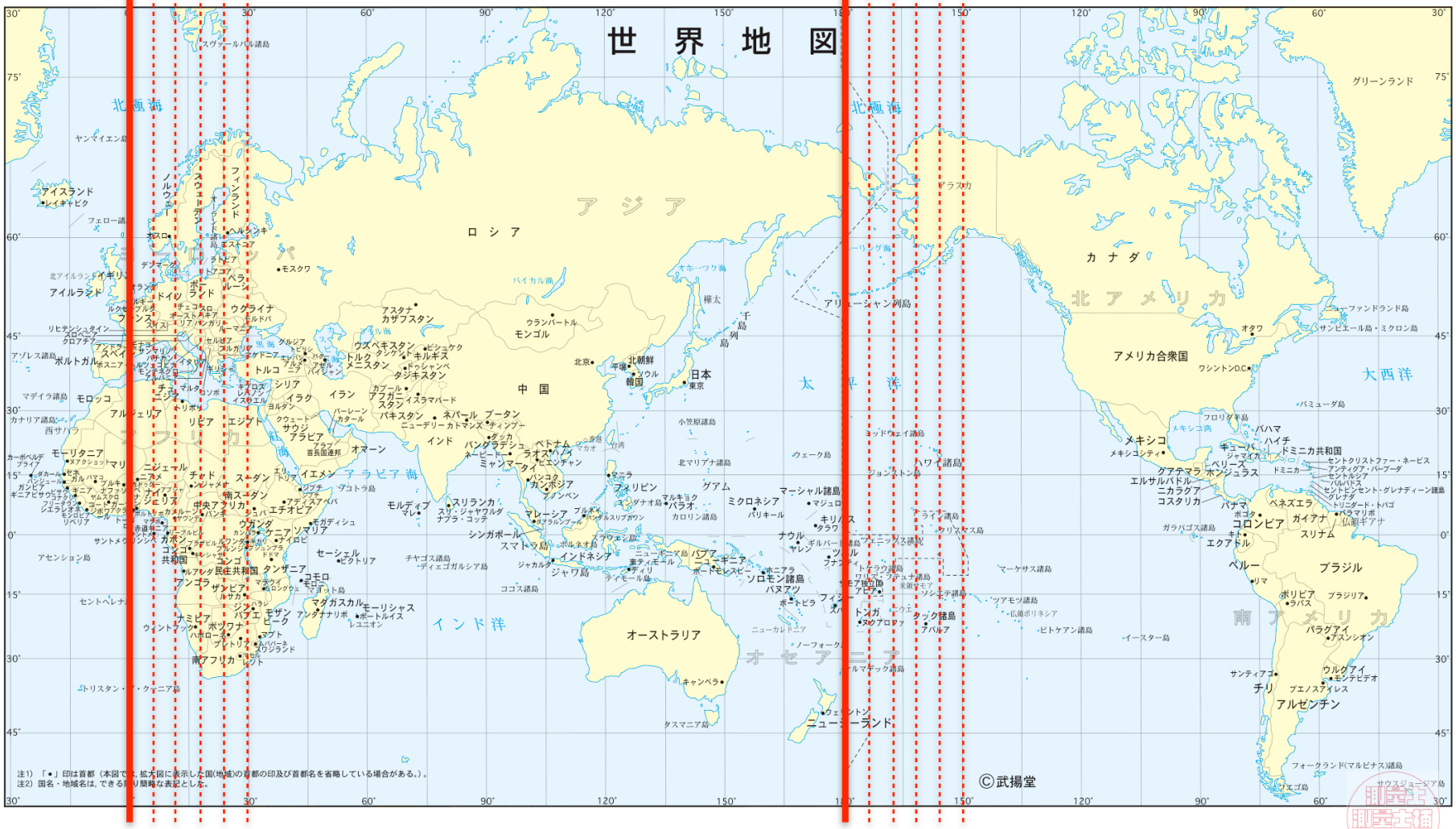
地球全体を　度の経度帯(Zone)に分けた座標系で，そのZoneごとにガウス・クリューケル図法で投影するもの。



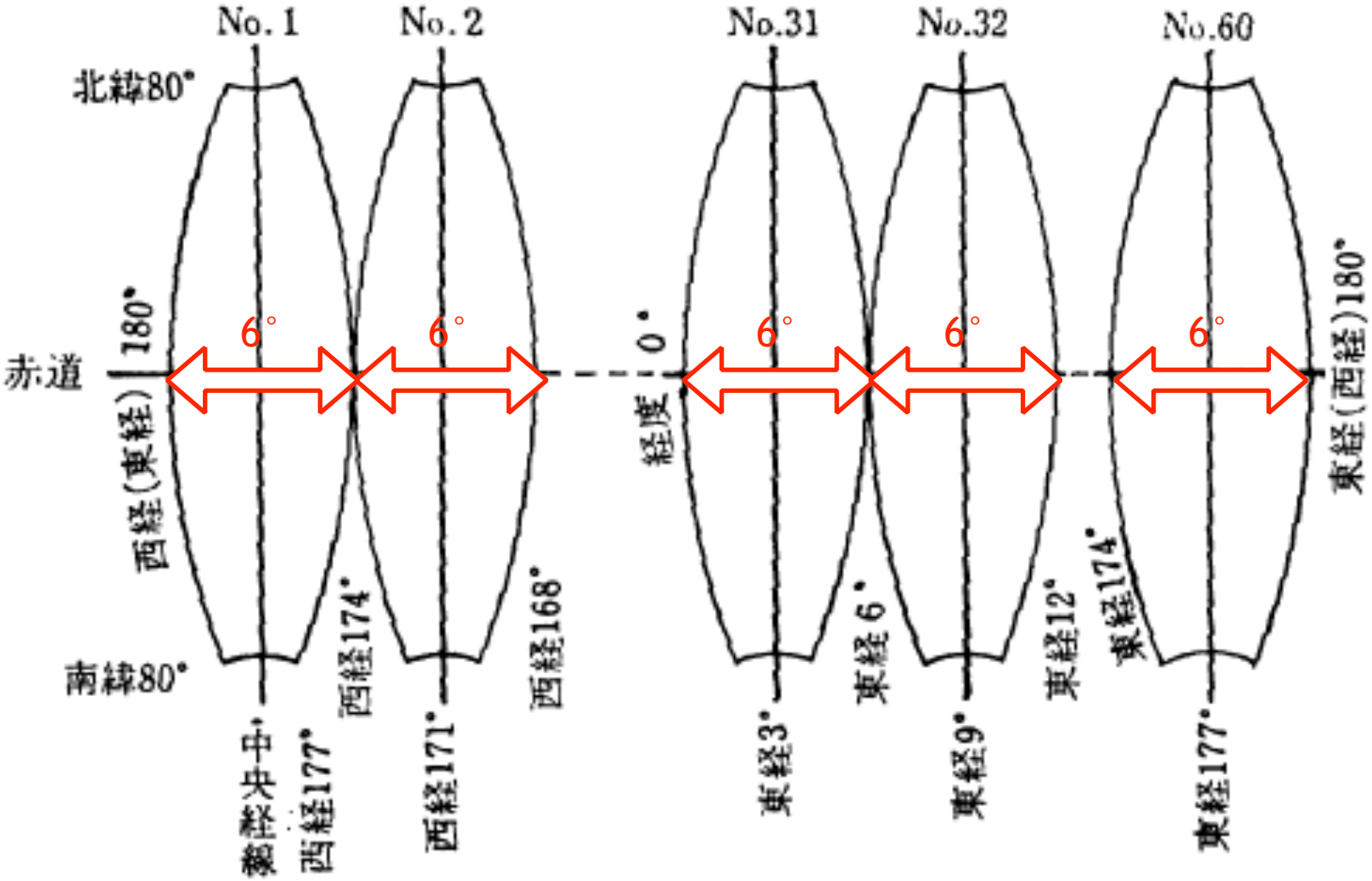
6°ごとに1,2,3,4,5・・・

No31

No1



UTM


No. 1
No. 2
No.31
No.32
No.60
北緯80°
赤道
南緯80°
180°
西経(東経)
0°
経度
東経(西経)180°
6°
6°
6°
6°
6°
中央経線
西経177°
西経174°
西経171°
西経168°
東経3°
東経6°
東経9°
東経12°
東経174°
東経177°

UTM座標の特徴

○正角図法である。

○座標は縦軸を[　　]軸、横軸[　　]軸とする。

○原点の座標値は（北半球）

N＝[　　]m　E=[　　]km

原点から東方向・北方向が[　　]

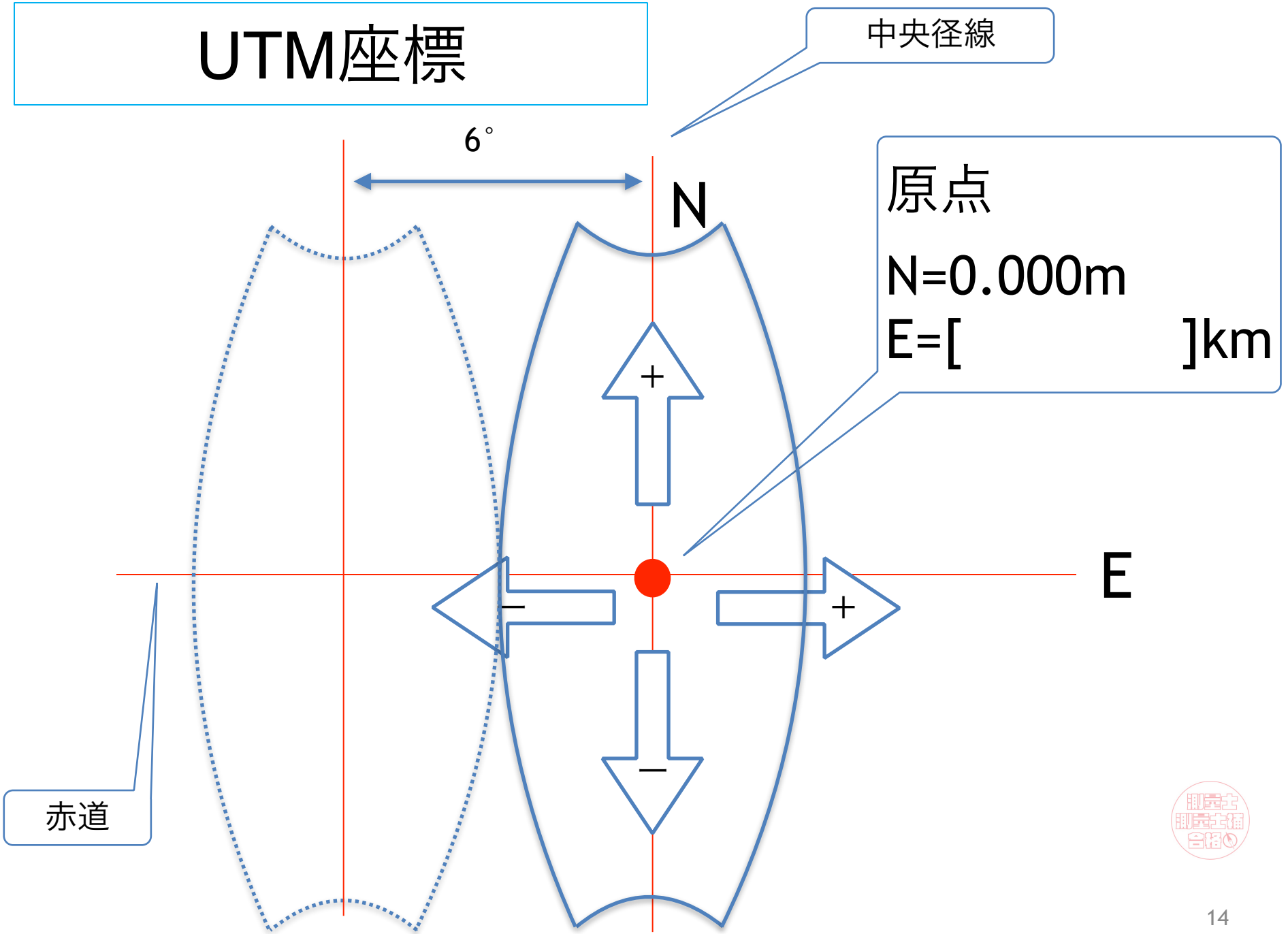
原点から西方向・南方向が[　　]

○中央経線上の縮尺係数を[　　]とし，中央経線より東西方向に約[　　]km離れた所で[　　]となる。適用範囲は[　　]kmまでで縮尺係数は

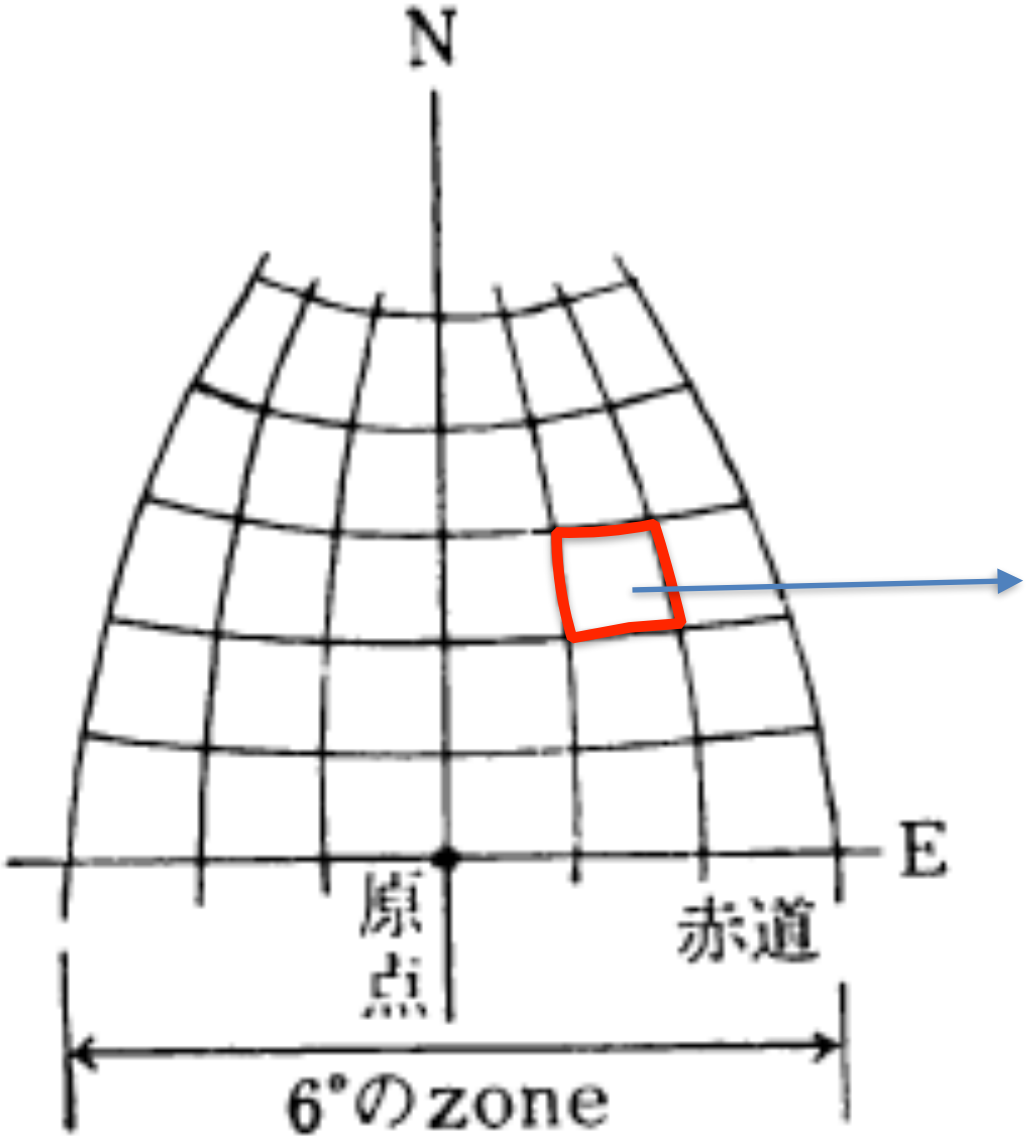
○形は赤道に[　　]、中央径線に[　　]

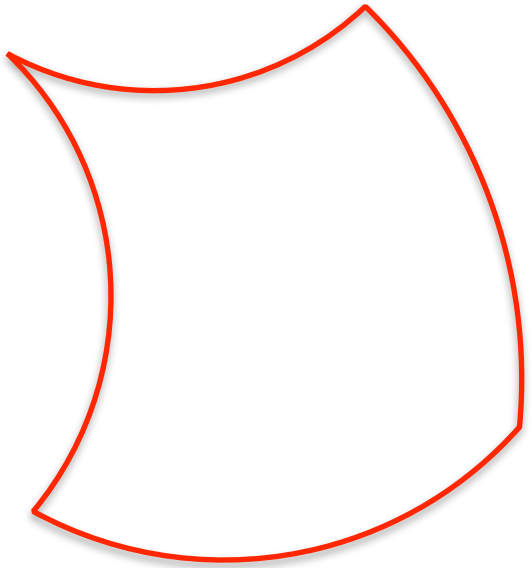
○図郭の形は[　　]

UTM座標

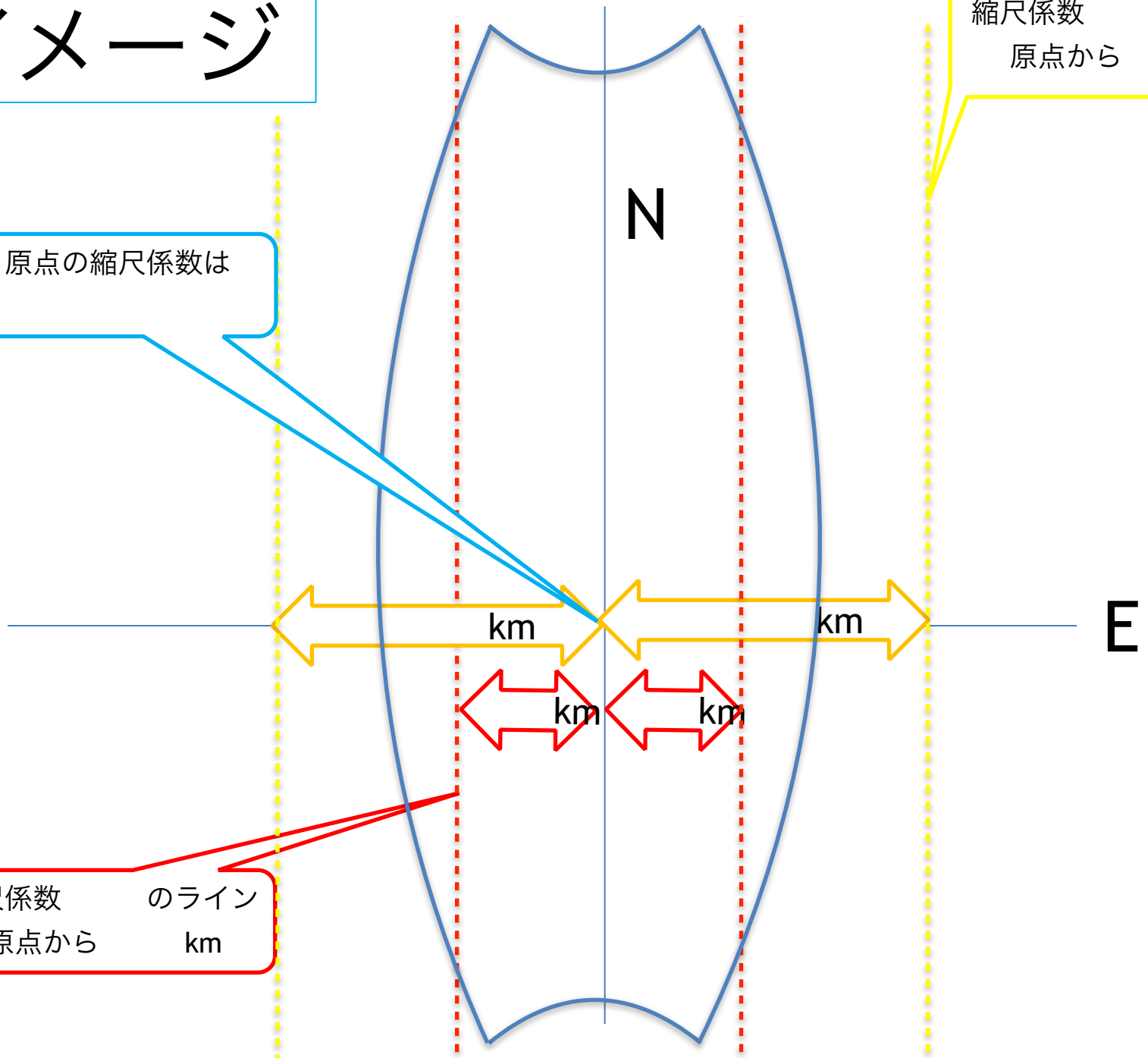


UTM座標とは？





イメージ



まとめ

	平面直角座標	UTM
投影法	ガウスクリューゲル図法（正角図法）	
範囲と座標系	日本に19系	世界で経度6°ごとに60zone
原点と座標軸	国土を覆うように配置、XY座標	6°ごとの径線と赤道の交点
原点の座標値	X=0.000,Y=0.000	N=0.000,E=500.000km
縮尺係数が１の地点	原点から90km	原点から180km
原点縮尺係数	0.9999	0.9996
どこでつかうか	国土地理院の地形図	地方公共団体の作る小縮尺地図

地図編集　7

投影と図法

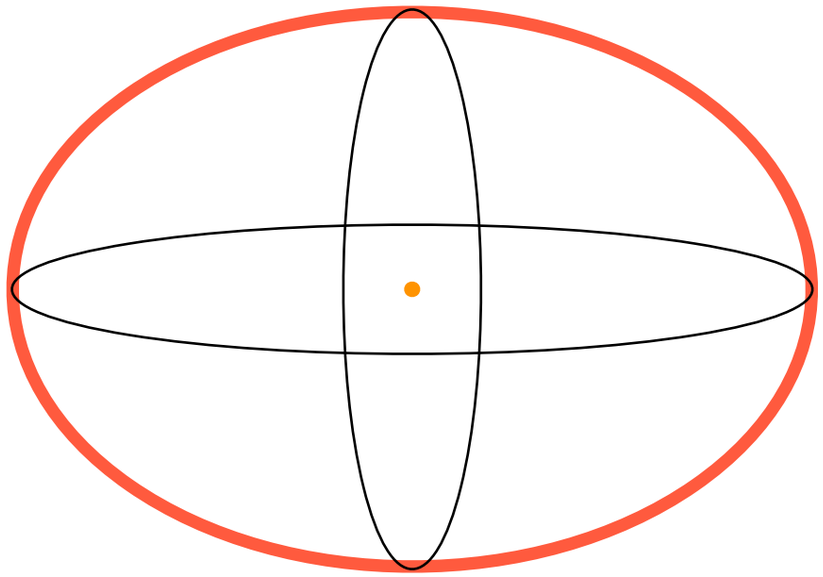
歪みの3要素　図法　投影

この学習で身につけたいこと

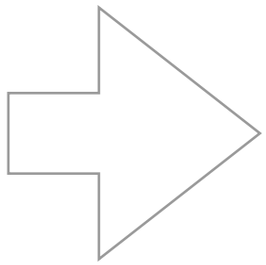
1．歪みの三要素と同立条件

2．投影の種類

3．図法の種類



立体



歪み

平面

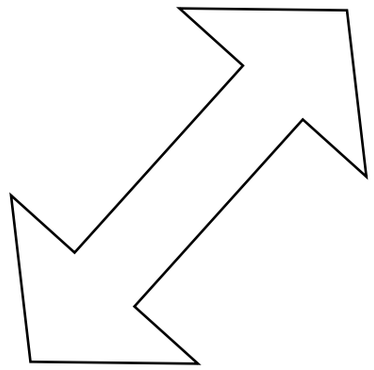
[　　]	[　　]	[　　]

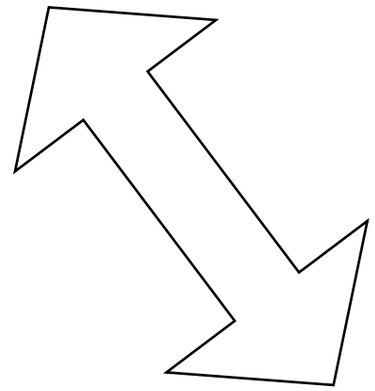
歪み＝球面を平面にうつしとる際のズレ

3つとも歪みなくうつしとることはできない。

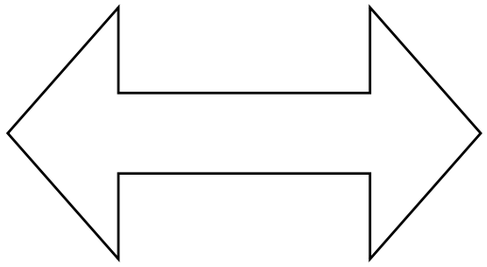
測量士
測量士補
合格

［角度（方位）］





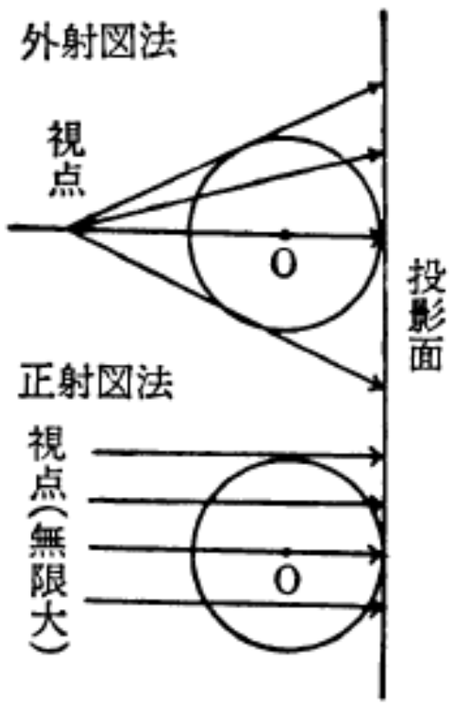
［距離］

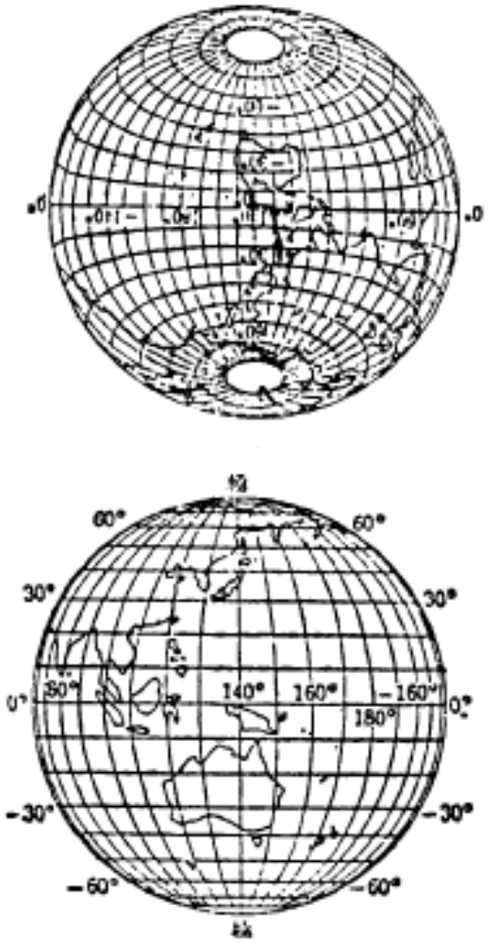


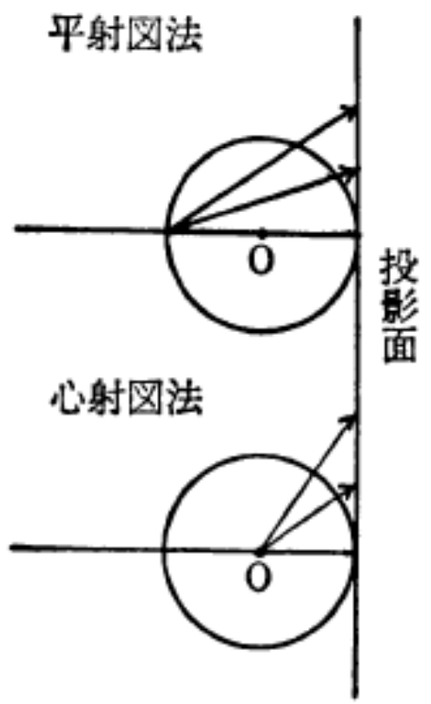
［面積］

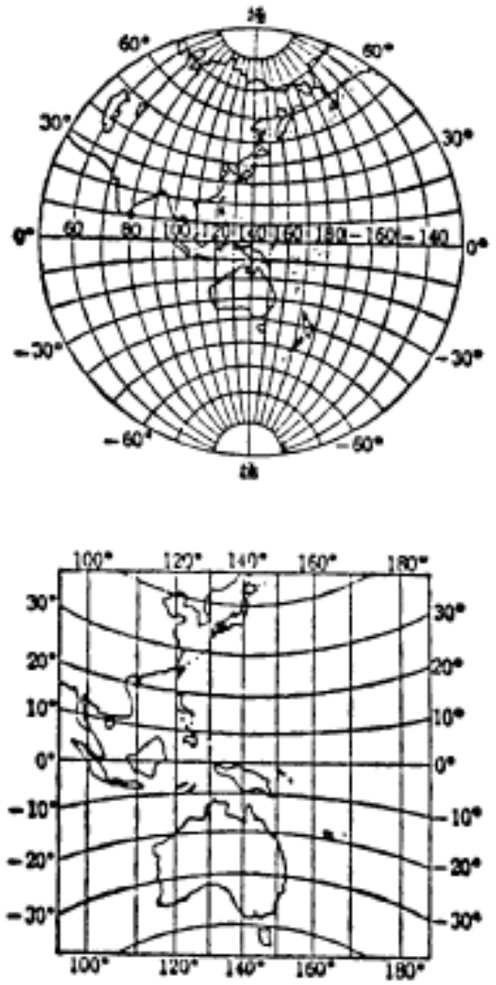
歪み＝球面を平面に写しとる際のズレ

［　　］と［　　］はダメです。



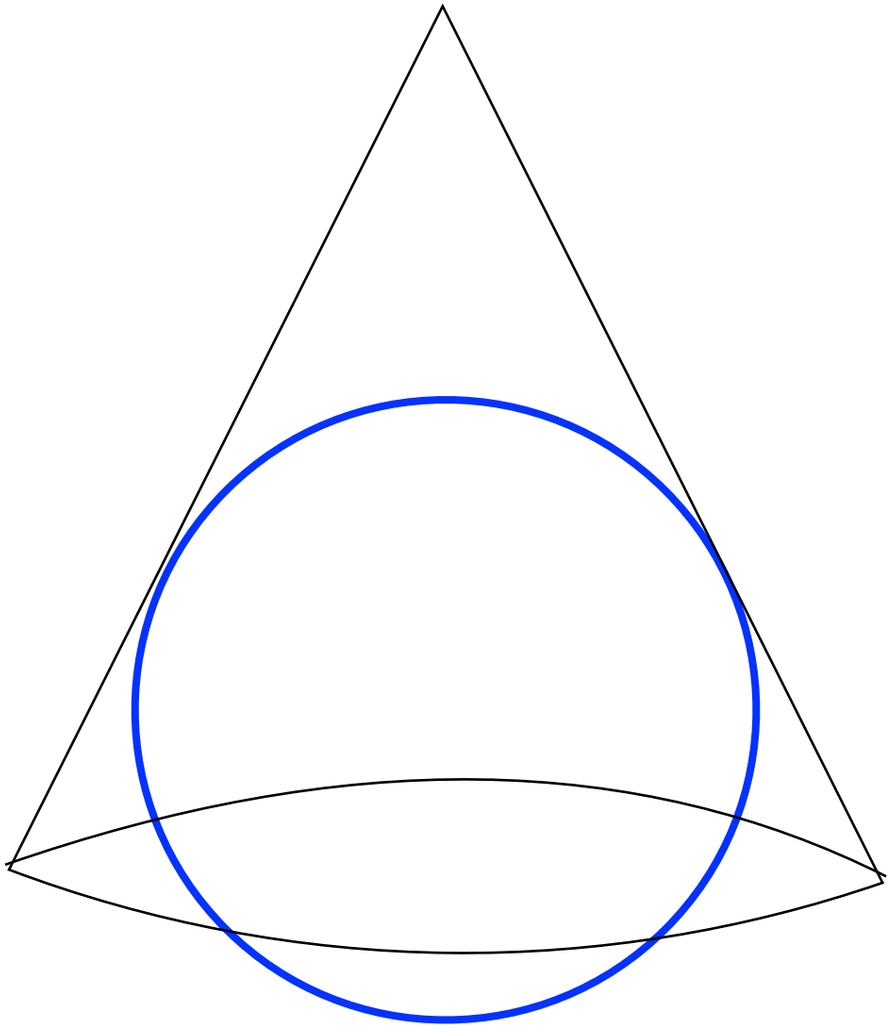




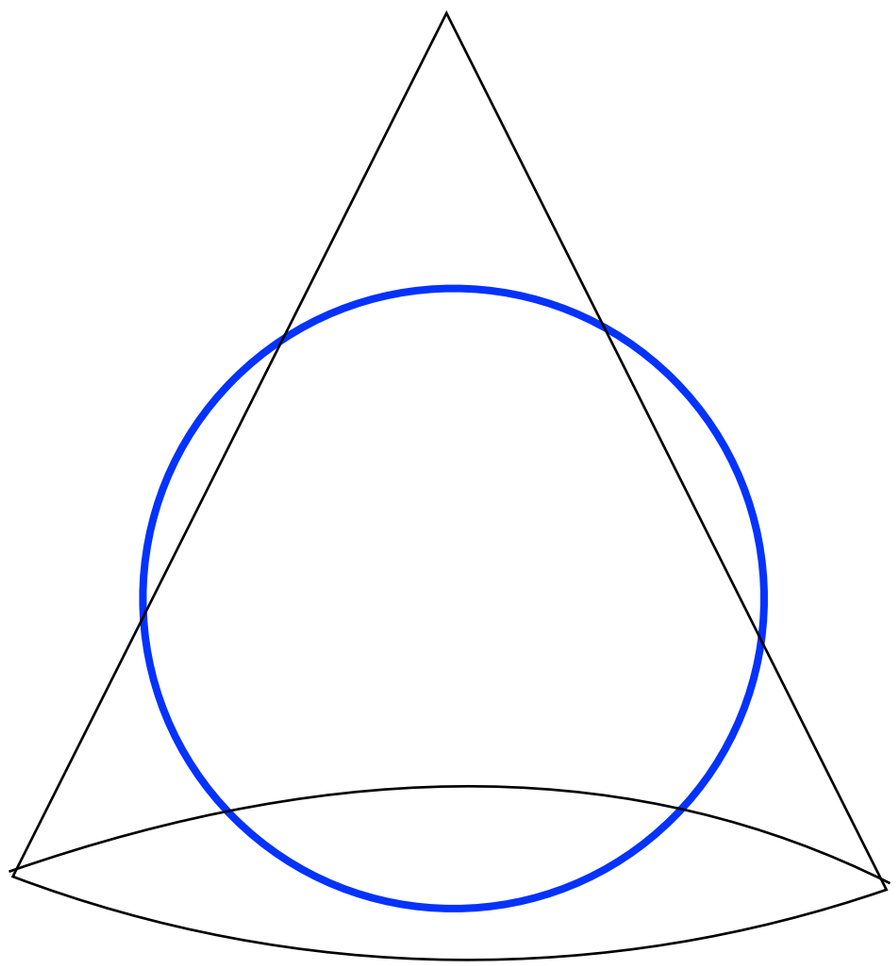


方位（投射）図法

どこから光を出してうつし取るかで平面図が変化する。



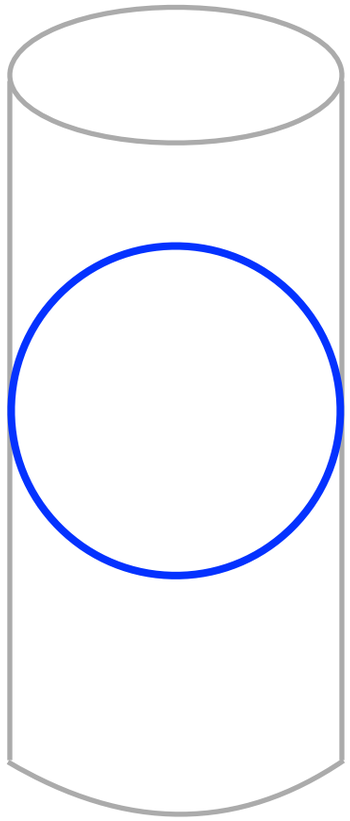
1 標準緯法
接円錐図法



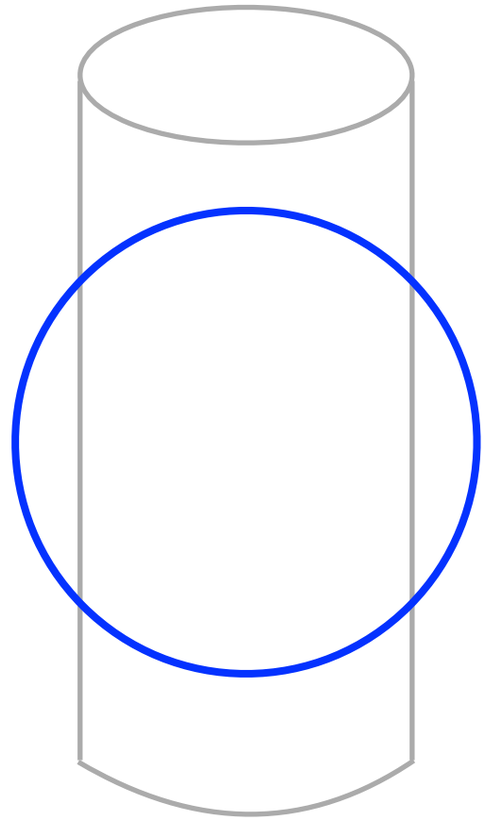
2 標準緯法
割円錐図法

円錐図法

地球に円錐をかぶせて投影する。円錐と球が触れている部分が歪みのない部分。



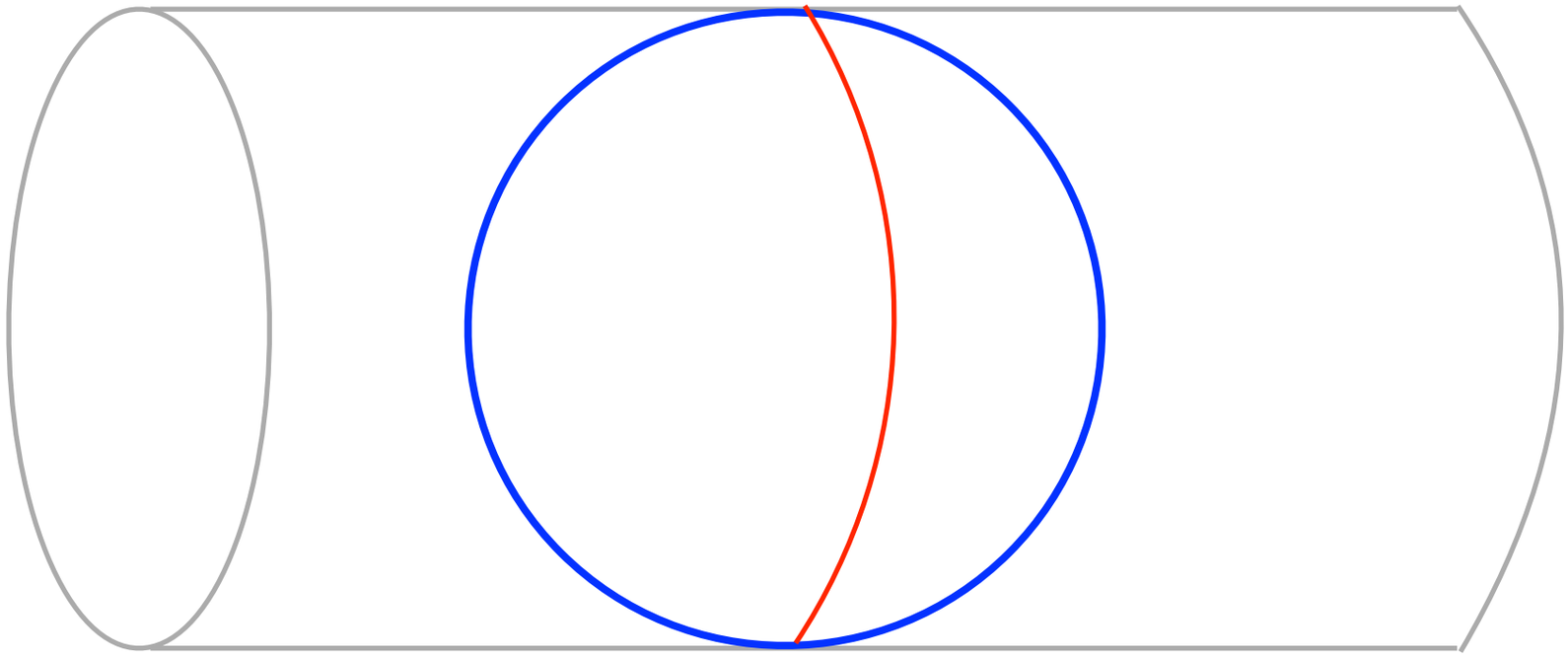
正軸接円筒法



正軸割円筒図法

円筒図法

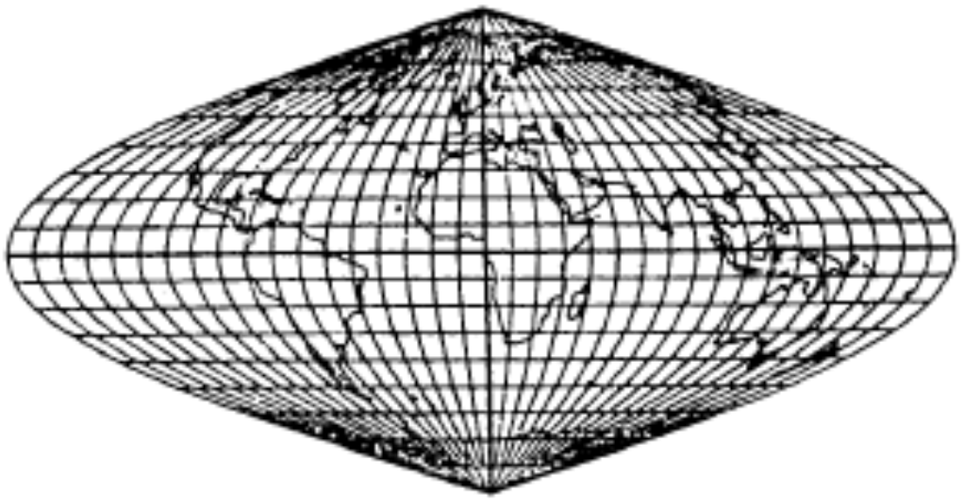
地球に円筒をかぶせて投影する。円筒と球が触れている部分が歪みのない部分。



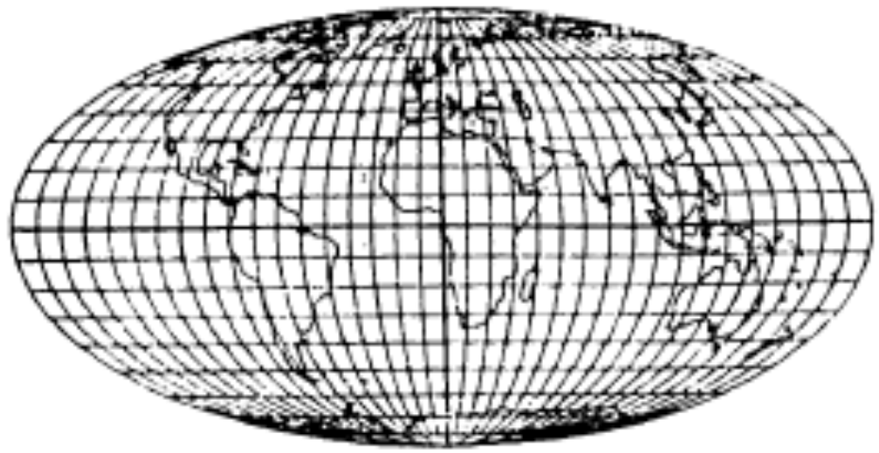
正角横円筒図法

地形図のほか、現在でも航海用に用いられる。

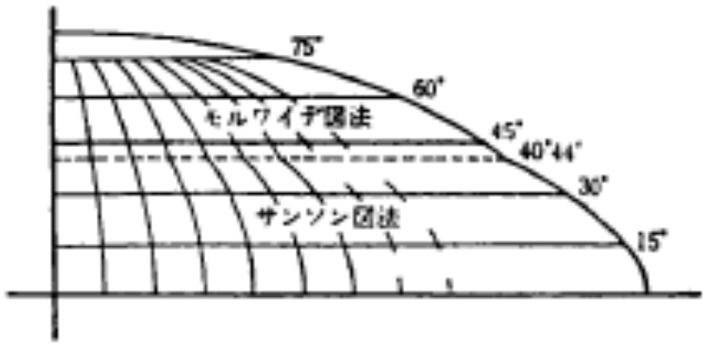
サンソン図法



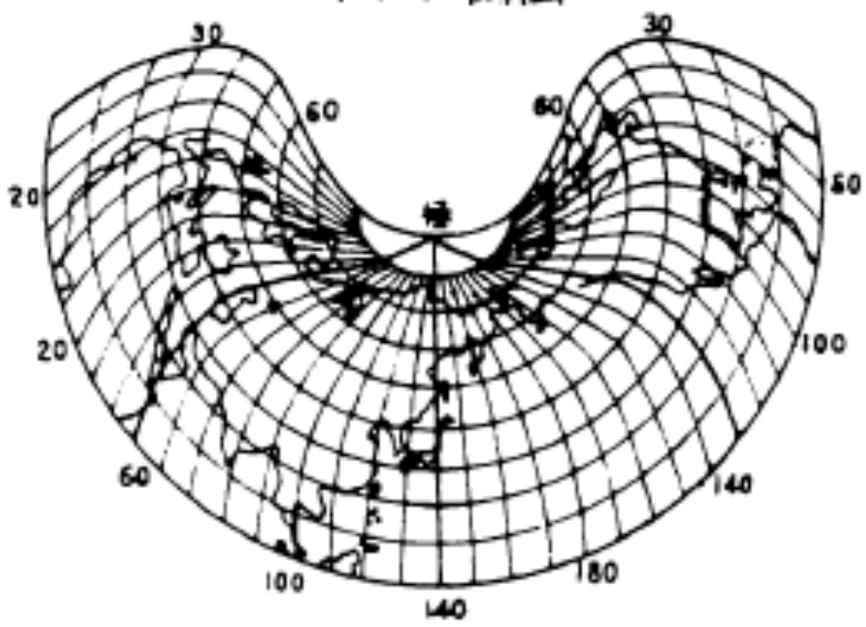
モルワイデ図法



グード図法



ボンヌ図法



その他の図法

形を覚えていれば十分。

測量士
測量士補
合格

地図編集　8

GISの概要と特徴

GISとは

地理情報システム（GIS：Geographic Information System）は、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。

「　　」＋「　　」

出題の傾向

GISでできること、できないことをきいてきます。GISの仕組みを理解していれば解けます。地理情報標準の講義も参考にしてください。

地中に埋設されている下水管の位置、経路、埋設年、種類、口径などのデー タを基盤地図情報に重ね合わせて、下水道を管理するシステムを構築する。

できる：下水管網を[　　]で作成し、既存の[　　]と組み合わせる。また点と線に[　　]や[　　]の情報を持たせる。

コンビニエンスストアの位置情報及び居住者の数に関する属性をもつた建物デー タを利用し、任意の地点から指定した距離を半径とする円内に出店されているコンビニエンスストアの数や居住人口を計算することで、新たなコンビニエンスストアの出店計画を支援する。

できる：GISでは[　　]条件を指定した検索ができるためこのような支援は得意とするところ。

植生分類ごとにポリゴン化された植生データのレイヤと野生生物の生息域データのレイヤを重ね合わせることにより、どの植生域に生物が生息しているかを分析する。

できる：GISでは[　　]という考え方でデータを重ね合わせることができる。透明なフィルム描かれた情報を重ねるイメージ。

構造化された道路中心線デー タを利用し、火災現場の位置座標を入力することにより，消防署から火災現場までの最短ルートを表示し、到達時間を計算するシステムを構築する。

できる：中心線データは[　　]の情報を持っているので、消防車の速度わかれば到着時間を推測することが可能。信号や時間ごとの混雑状況の情報があれば[　　]ごと、[　　]ごとに変化する到着までの時間がわかる。

交通施設、観光施設や公共施設などの情報と地図データ を組み合わせることにより、施設の名称や住所により指定した場所の周辺案内ができるシステムを構築する。

できる：[　　]でよくある近くのコンビニを探すのと同じ理屈。

避難所、道路、河川や標高などのデー タを重ね合わせることで、洪水の際により安全な避難経路を検討するシステムを構築する。

できる：　　]を組み合わせれば容易。

水は[　　]に流れるので[　　]

の経路を優先するようにすればよい。

過去の市町村の行政界データを重ね合わせて、市町村合併の変遷を視覚化するシステムを構築する。

できる：行政界データに[　　]の情報を与えれば変遷が整理され視覚化できる。

スキャナで読み込んだ紙地図の画像データに含まれる等高線をラスタ・ベクタ変換して、等高線のベクタデータを作成する。

できる：ただし、元のデータより[　　]。また、線が引けるというだけで、[　　]のデータが得られるわけではない。

地球観測衛星「だいち」で観測された画像から市町村の行政界を抽出し、市町村合併の変遷を視覚化するシステムを構築する。

できない：人工衛星画像には、市町村界は[　　]。

ラスタデータからネットワーク解析により最短経路を検索する。

できない：正確にはできなくもないが、経路検索には[　　]が適している。

応用測量　1

円曲線の設置

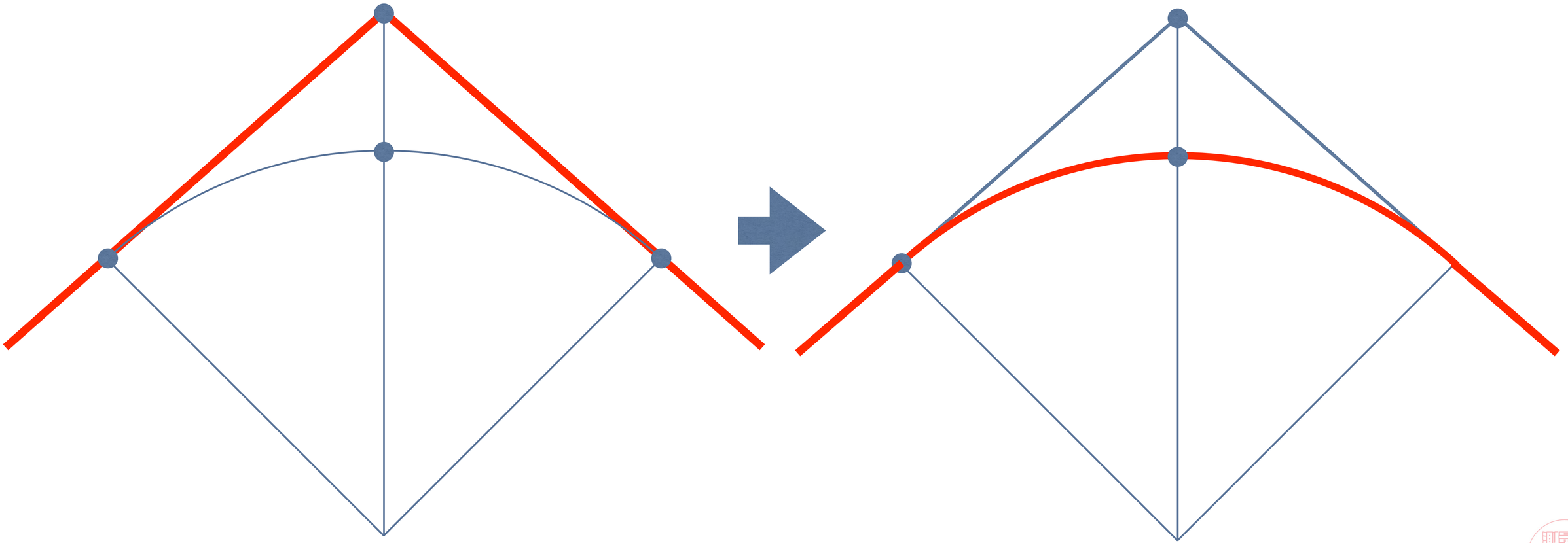
計算

身につけたい知識

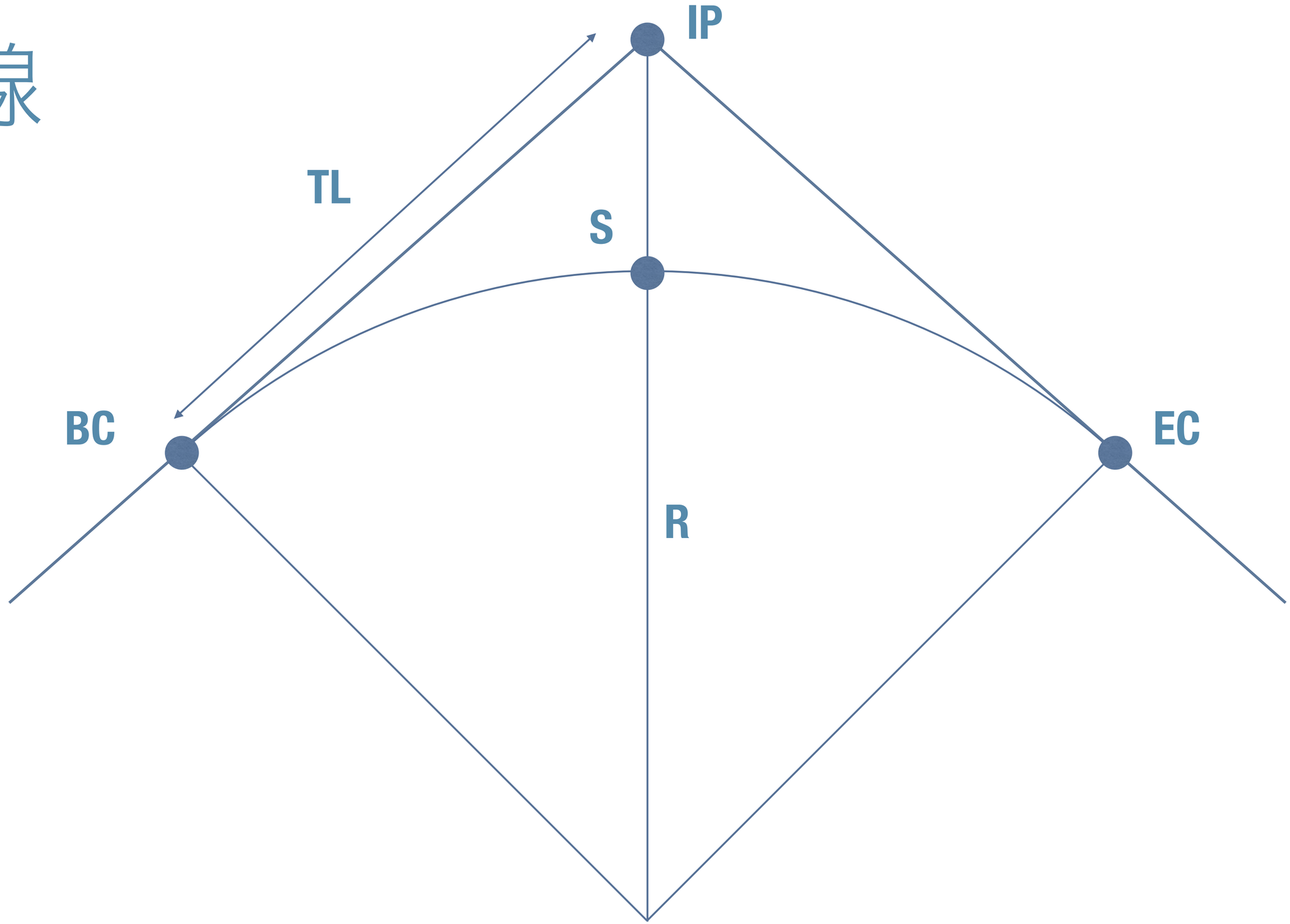
・解き方の見つけ方

・図形に関する数学

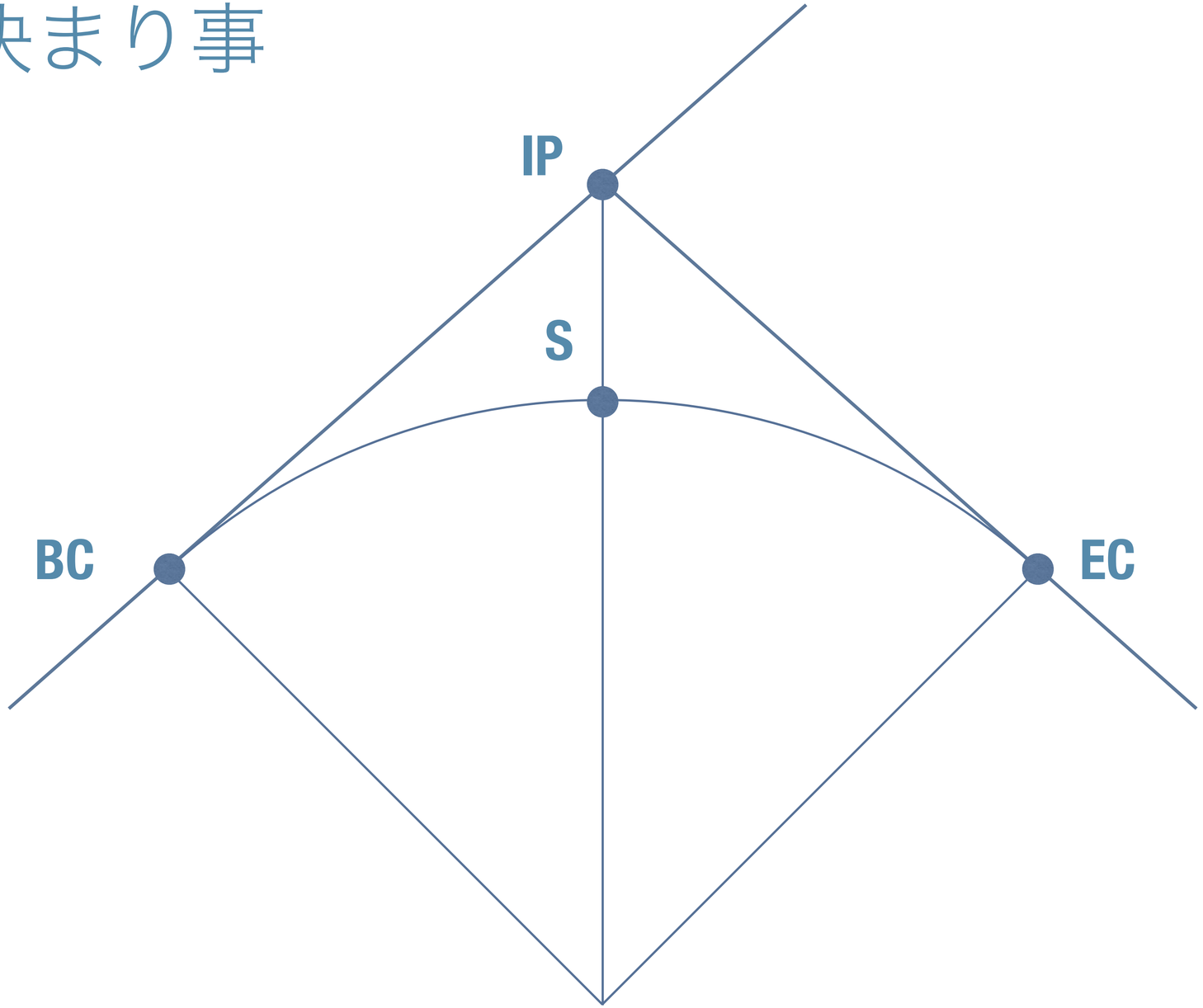
円曲線



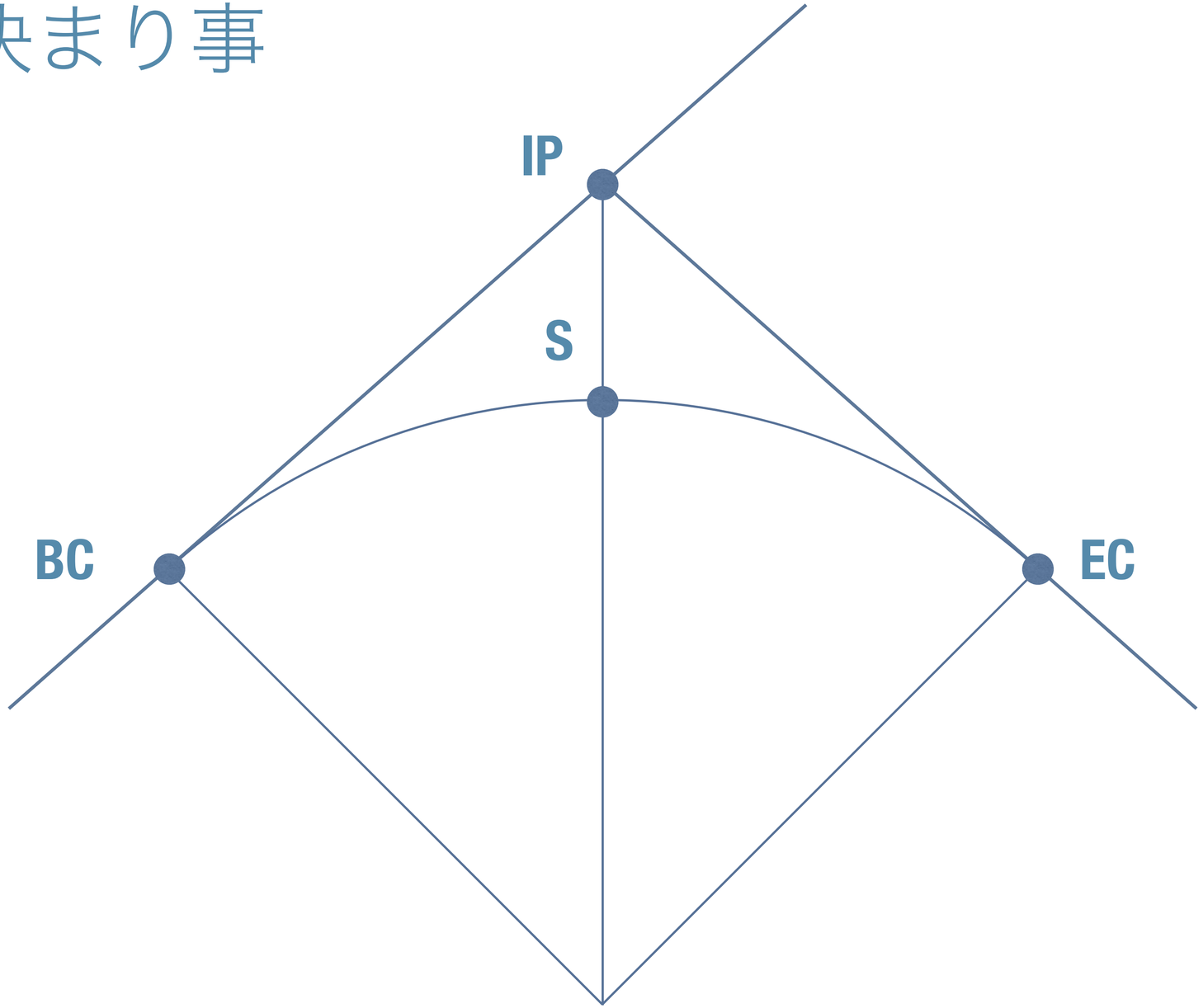
円曲線



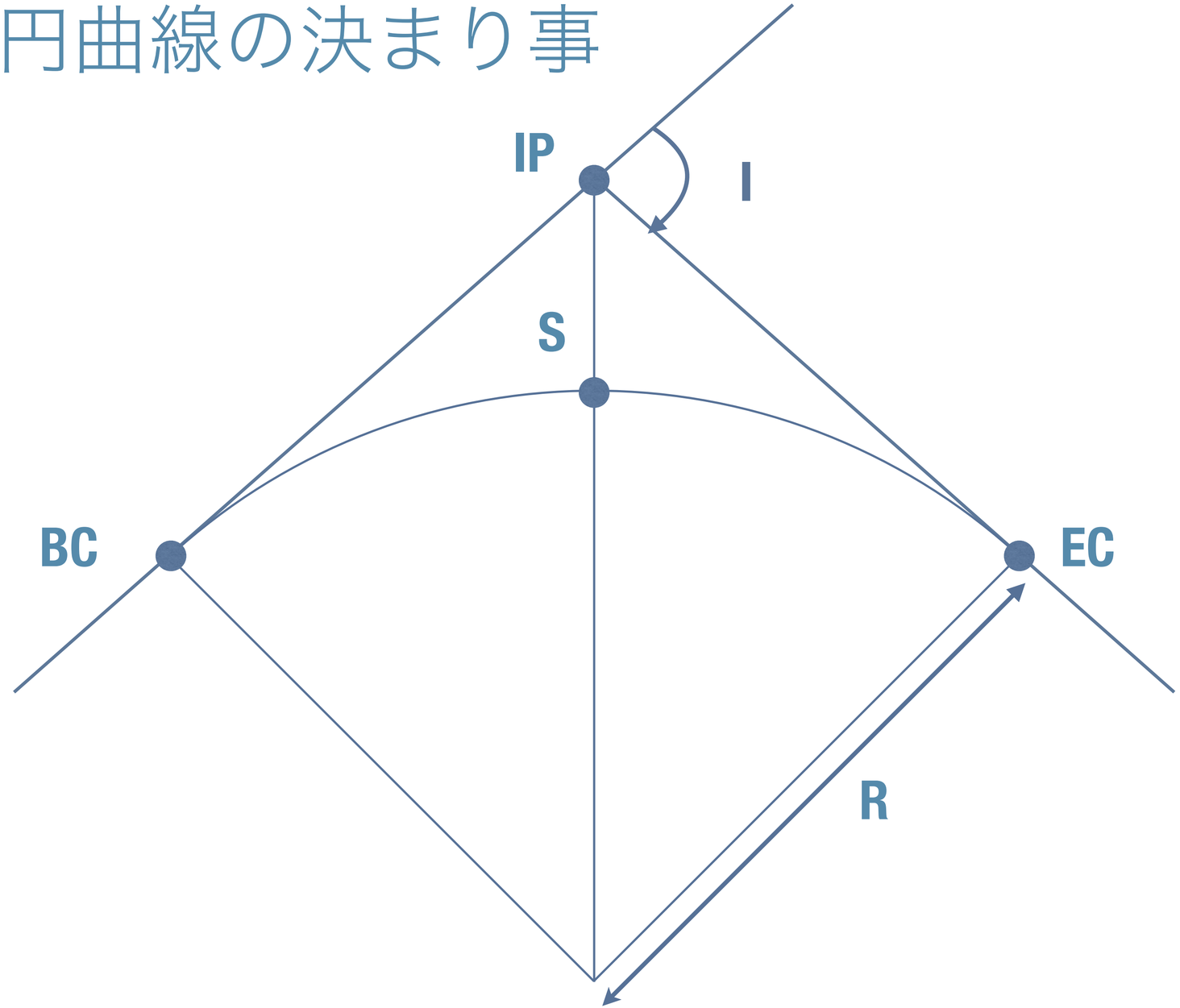
円曲線の決まり事



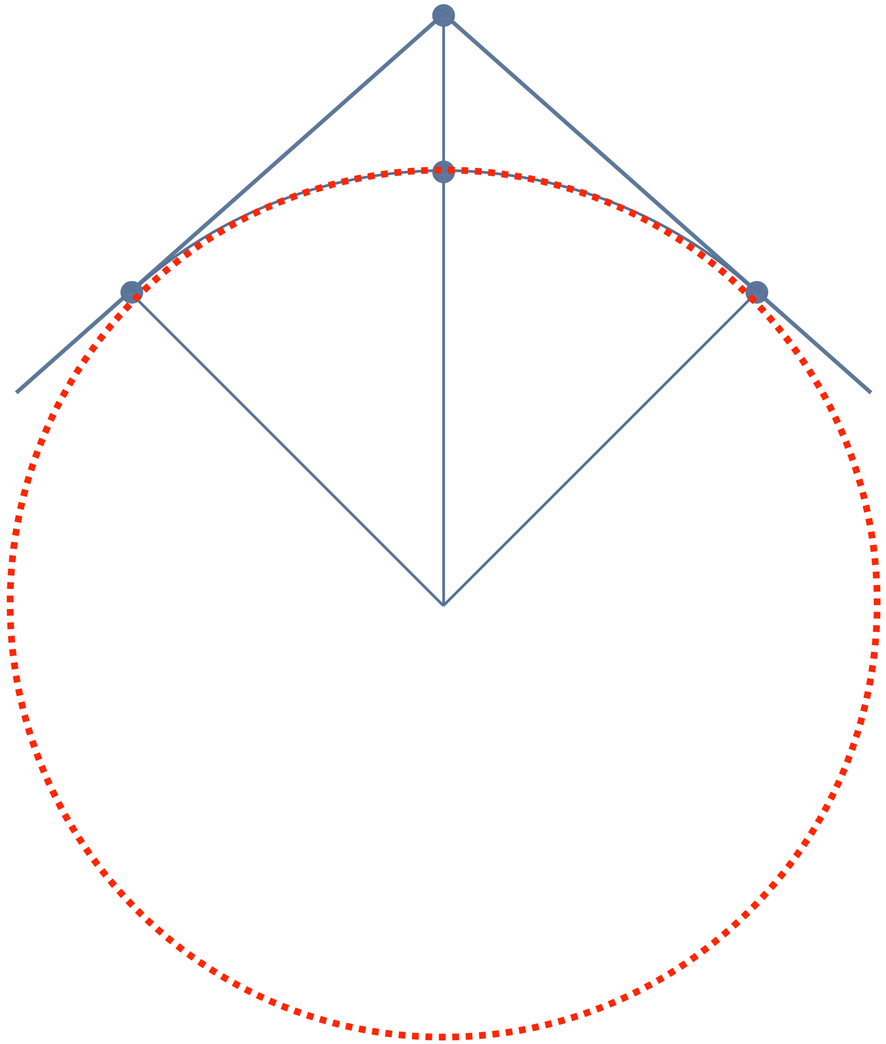
円曲線の決まり事



円曲線の決まり事

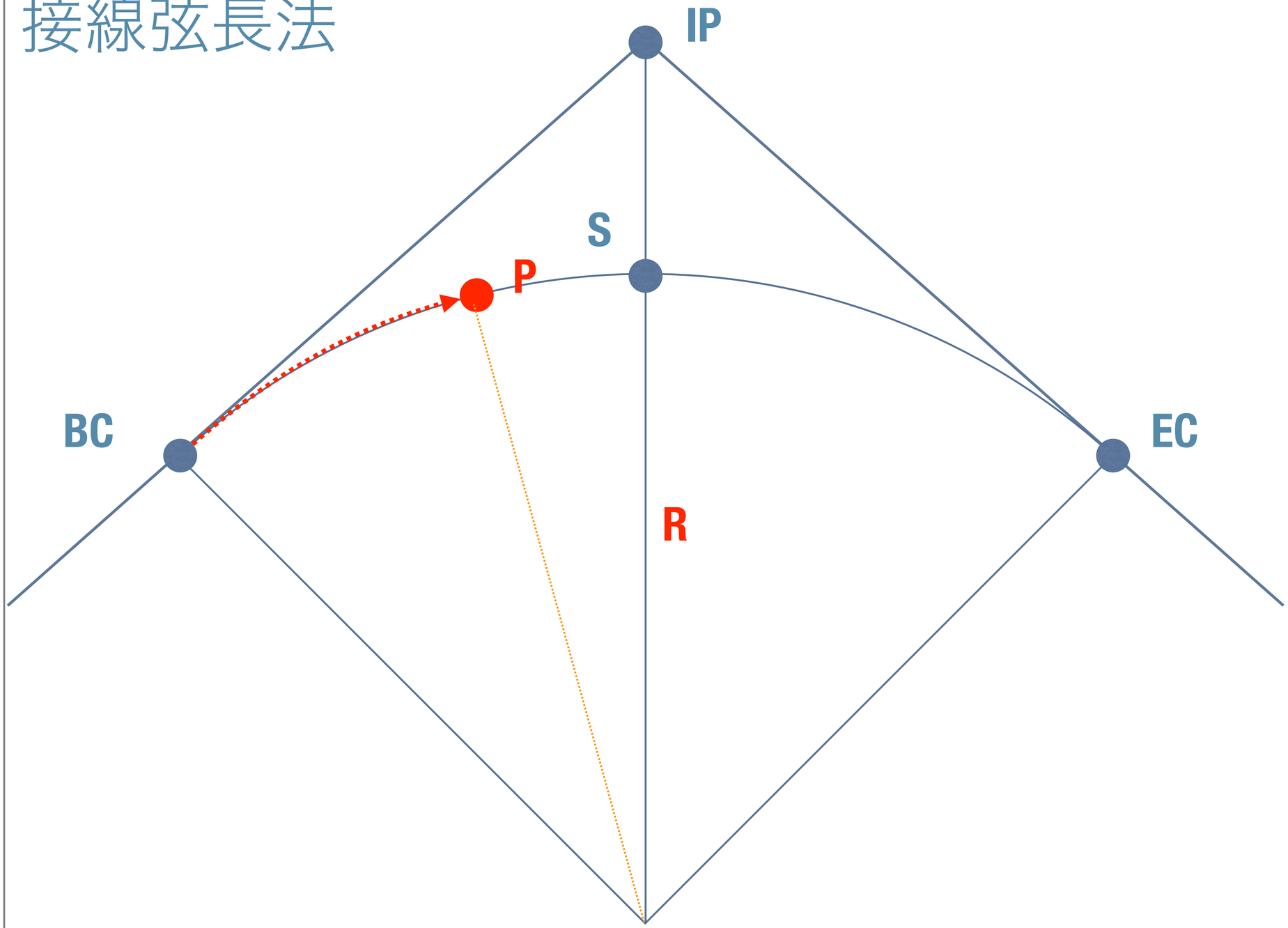


円曲線の決まり事



$$\frac{\text{全円周}}{360^\circ} = \frac{\text{カーブの長さ}}{\text{中心角（I）}}$$

接線弦長法



応用測量　2

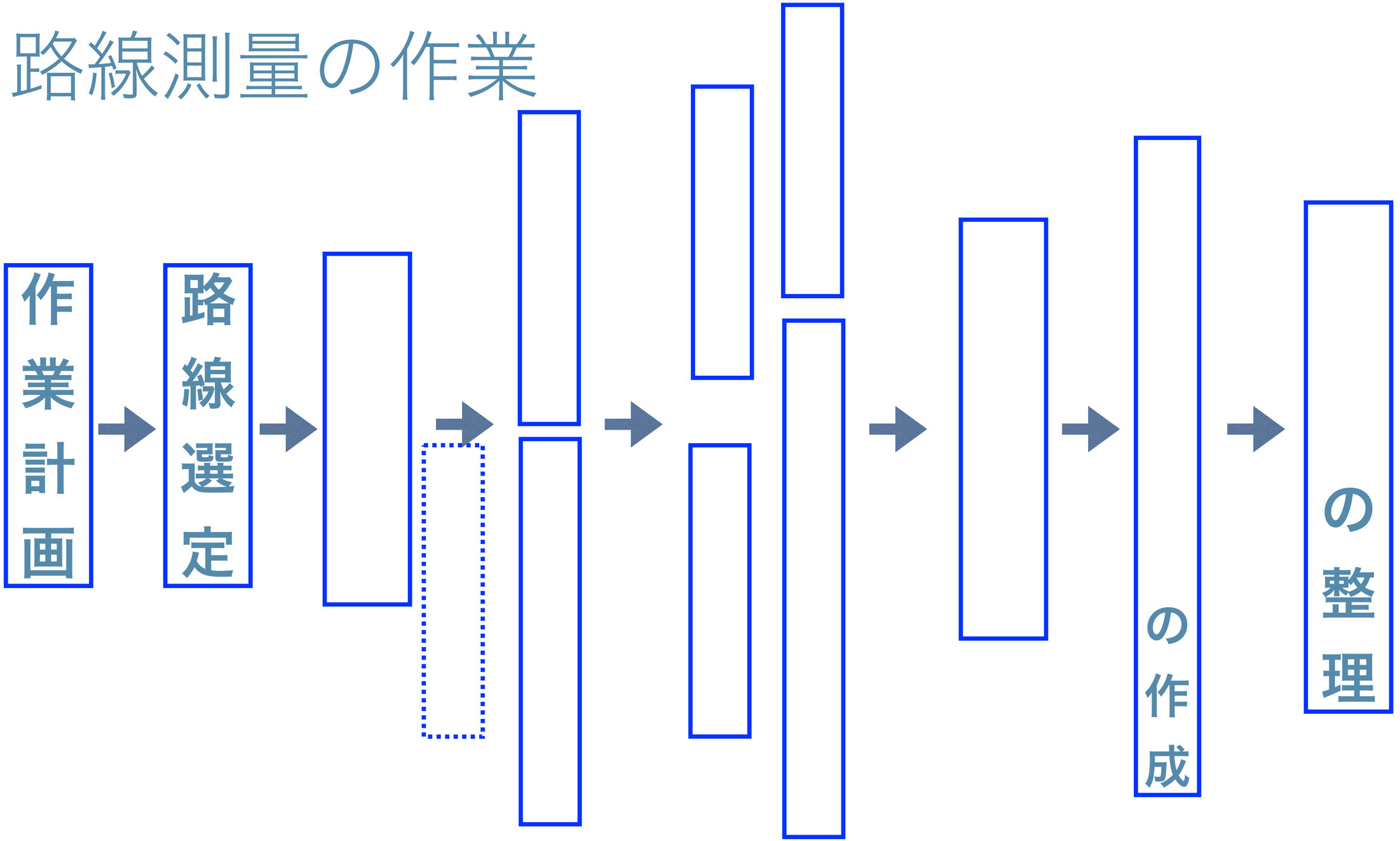
路線測量

路線測量のポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序
- 必要な精度
- 作業上の注意事項

作業工程

路線測量の作業



作業計画

・資料の収集、計画路線の調査、作業方法、作業工程、作業班編成、使用器材等を計画準し計画書を作成する。

路線選定

・縮尺[　　]や[　　]の地形図を用いて路線の位置やインターチェンジ、橋梁、トンネル、などの位置を決定する。

いくつかの比較路線を計画し、経済的・社会的な問題、環境への影響、施工の難易、経費等について検討を行う。

線形決定

・線形の基本となる交会点(IP)の座標、路線の形状を規定する各種曲線の諸元、曲線の始終点等の主要点、中間点などの

する。

いくつかの線形を計画し、経済的・社会的な問題、環境への影響、施工の難易度、経費等について検討を行う。

IP設置測量

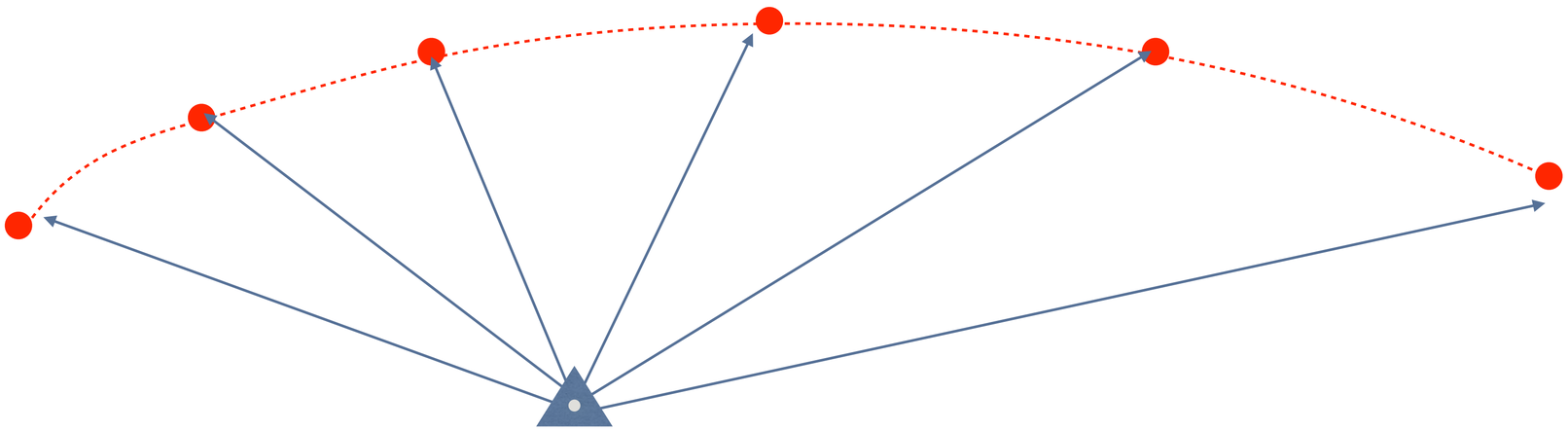
・線形決定により決定した地形図上にIPの位置を、その座標値により現地に設置する作業。

中心線測量

・図上で選定計算された計画中心線の主要点と中間点を、[　　]以上の基準点あるいは先に設置したIPから[　　]法により現地に中心杭を設置し、[　　]を作成する作業。

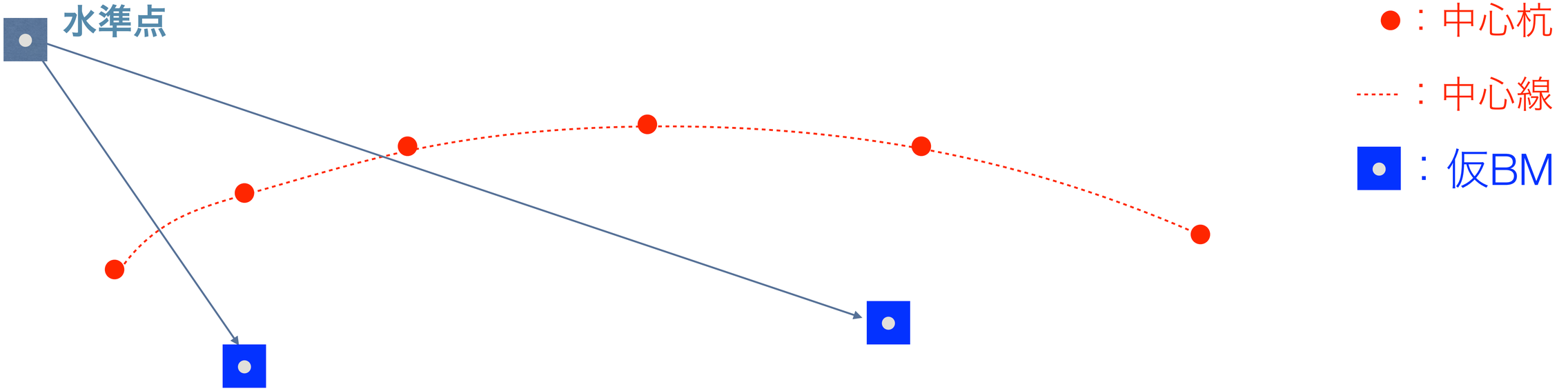
●：中心杭

-----：中心線



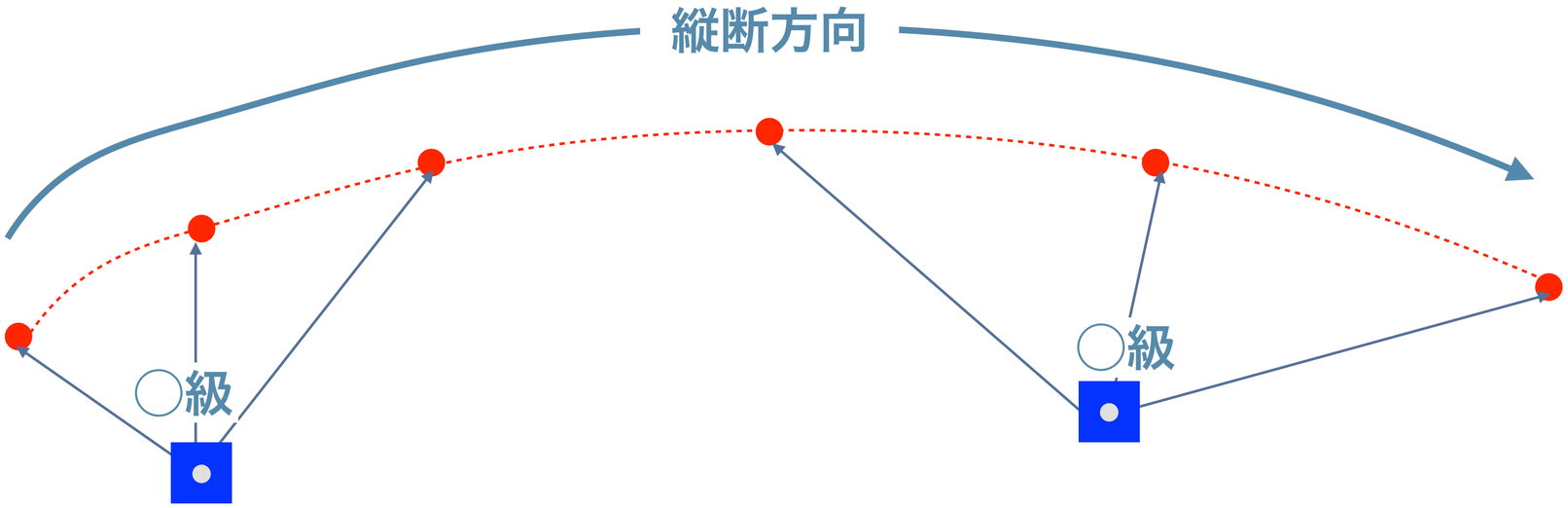
仮BM設置測量

・縦断測量及び横断測量に必要な水準点（[　　]）を水準測量（山では[　　]）で現地に設置し、標高を定める作業を。ただし、河川等で距離標がある場合は、これを仮BMとして使用することができる。



縦断測量

・[　　]水準測量（山地は簡易水準）により中心杭等の標高を定め、[　　]を作成する作業。



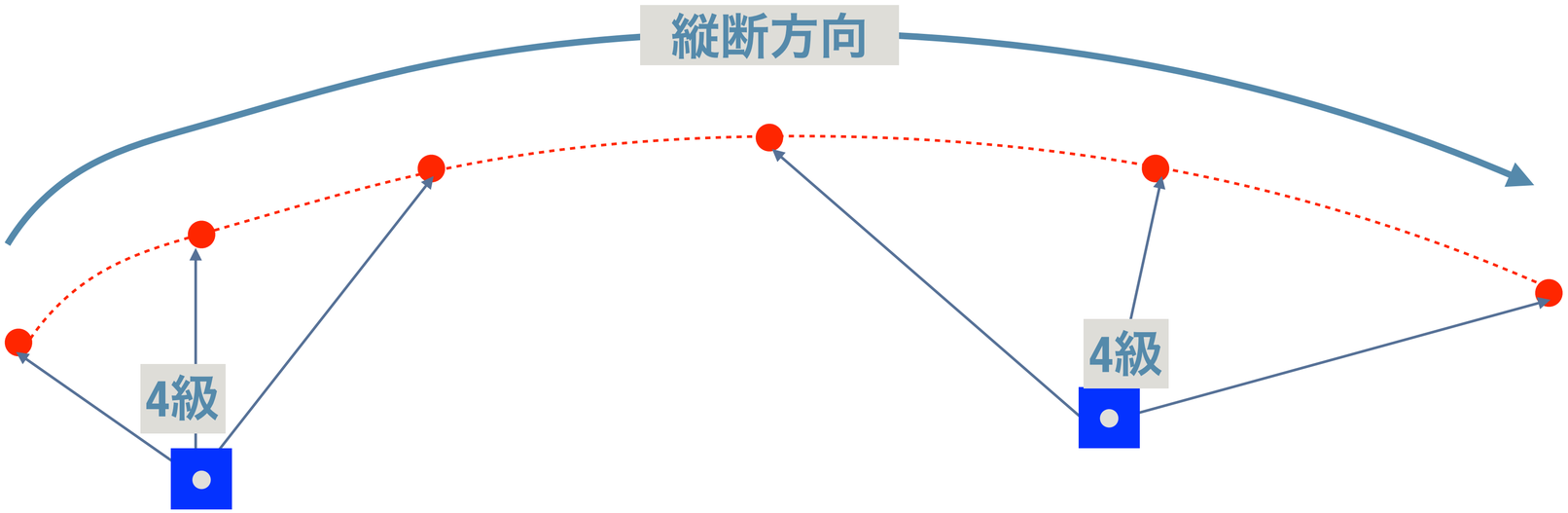
●：中心杭

-----：中心線

■：仮BM

縦断測量

・4級水準測量（山地は簡易水準）により中心杭等の標高を定め、縦断面図データファイルを作成する作業。縦断面図の距離を表す横の縮尺は[　　]とし、高さを表す縦の縮尺は、線形地形図の縮尺の[　　]にする。

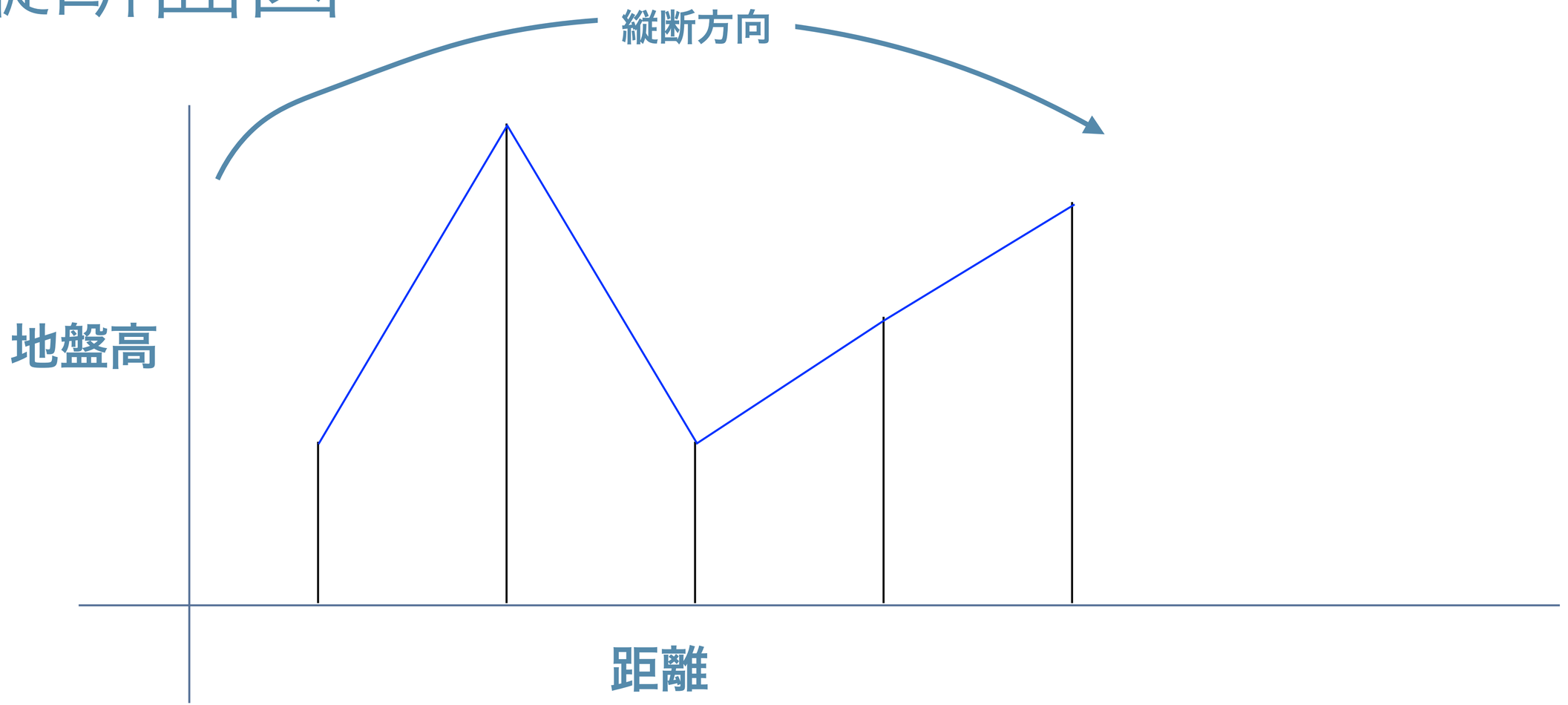


●：中心杭

-----：中心線

■：仮BM

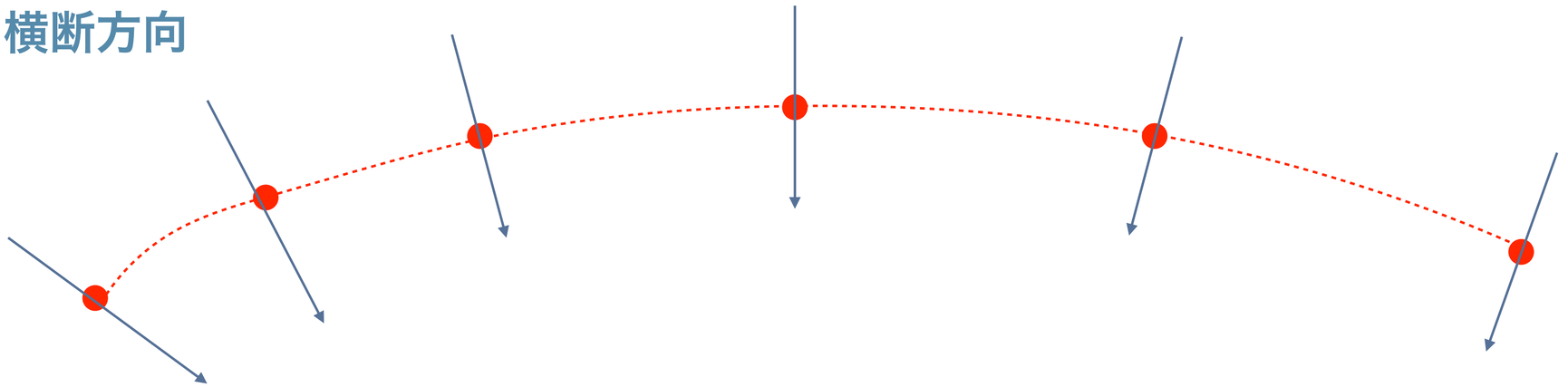
縦断面図



横断測量

・中心杭等を基準にして地形の変化点等の距離及び地盤高を定め、横断面図データファイルを作成する作業。

横断面図の[　　]にする。

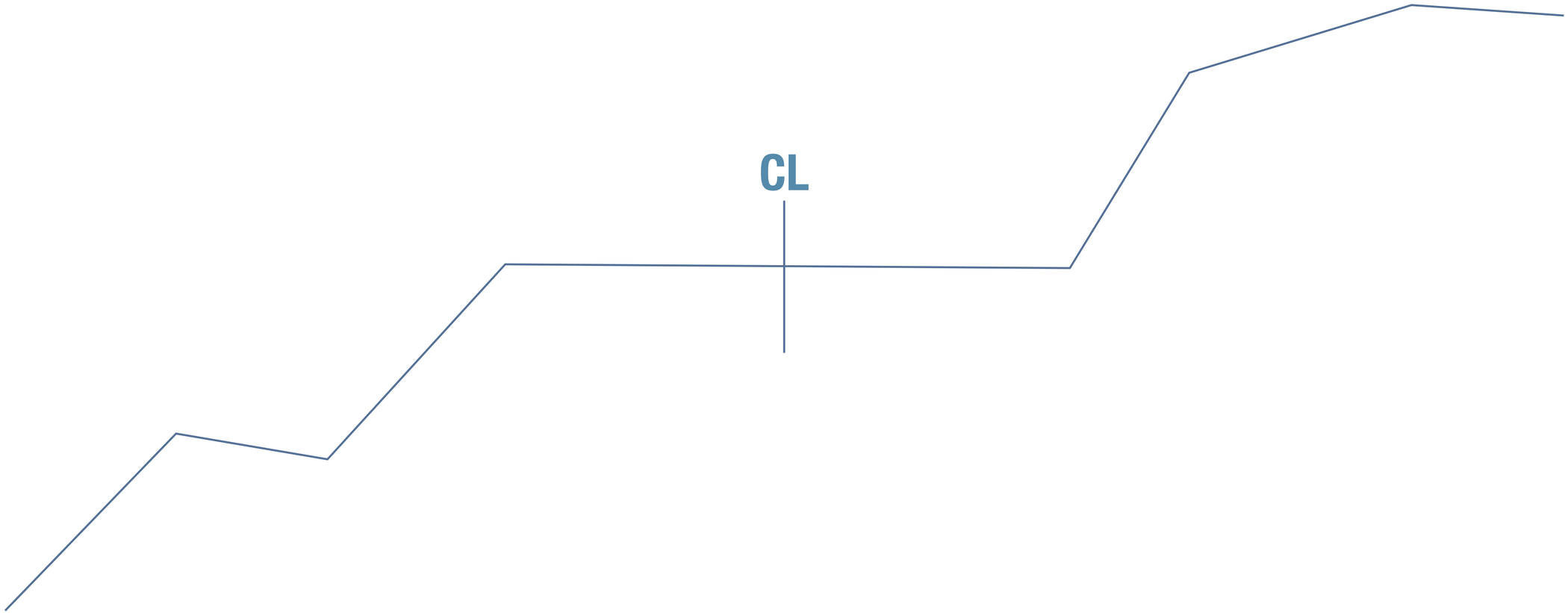


●：中心杭

-----：中心線

■：仮BM

横断測量



詳細測量

・主要な構造物の設計に必要な詳細平面図データファイル、縦断面図データファイル及び横断面図データファイルを作成する作業。一般に使用する地形図（1/500，1/1000）では設計上支障をきたし、より詳細な地形図を必要とする場合がある。この時、詳細設計上必要な平面図、縦断面図及び横断面図を[　　]する作業を詳細測量という。

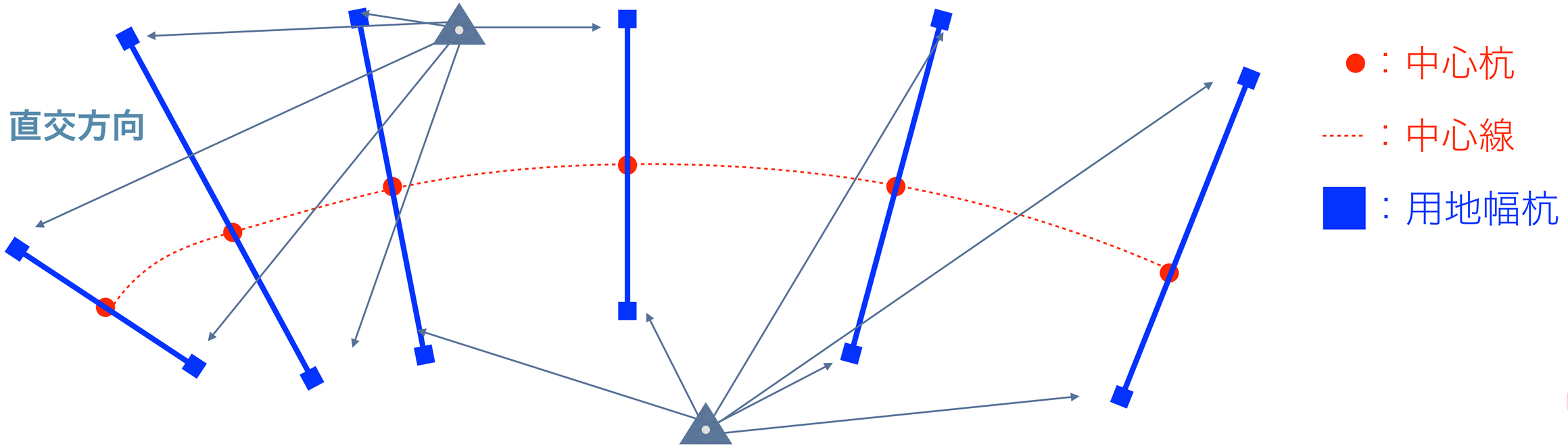
横断測量の方法は、平地においては４級水準測量、山地においては簡易

詳細平面図データの[　　]を標準

データを図紙に出力する場合は、縦断面図の横の縮尺は詳細平面図の縮尺と同一とし、高さの縮尺は1/100を標準とする。また、横断面図の縮尺は縦断面図の縦の縮尺に合わせる。

用地幅杭測量

・中心点等から中心線に対して直角方向の用地幅杭点座標値を計算し、それに基づいて、近傍の[　　]以上の基準点、主要点、中心点等から放射法等により用地幅杭を設置して行うものとする。設置した標杭には、測点番号、中心杭等からの距離等を表示する。



応用測量　3

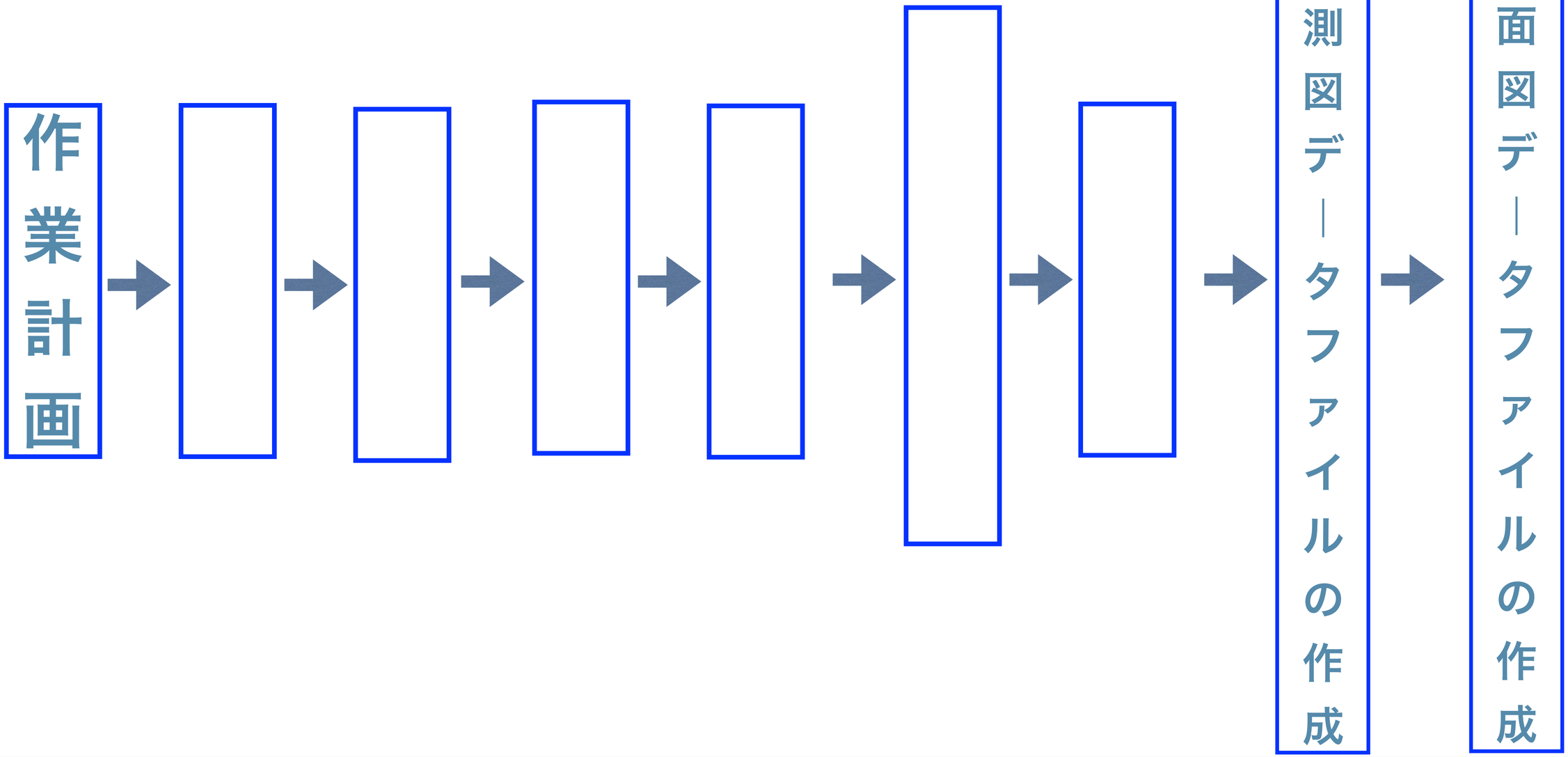
用地測量

用地測量のポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序
- 必要な精度
- 作業上の注意事項

作業工程

用地測量の作業



作業計画

・用地測量の作業計画は、第１１条の規定によるほか、測量を実施する区域の[　　]、土地の[　　]、[　　]等を把握し、用地測量の細分ごとに作成する。

※11条

作業機関は、測量作業着手前に、測量作業の方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な作業計画を立案し、これを計画機関に提出して、その承認を得なければならない。作業計画を変更しようとするときも同様とするものとする。

資料調査

・土地の取得等に係る土地について、用地測量に必要な資料等を整理及び作成する作業

法務局等に備える地図、地図に準ずる図面、地積測量図等公共団体に備える地図等（[　　]等）の転写並びに[　　]の調査及び[　　]調査に区分して行う。

復元測量

・境界確認に先立ち、[　　]図等に基づき境界杭の位置を確認し、亡失等がある場合は復元するべき位置に仮杭（復元杭）を設置する作業。

・計画機関が境界確認に必要があると認める境界杭について行う。
・作業の着手前には、関係権利者に立ち入りについての日程等を通知する。
・復元杭の設置等を行う場合は、関係権利者への事前説明を実施する。この場合、原則として関係権利者による立会いは行わない。
・復元の方法は、直接復元法等により行う。

境界確認

・復元測量の結果、公図等転写図、土地調査表等に基づき、現地において[　　]の上、境界点を確認して標杭を設置することにより、[　　]（境界点）を確認する作業。

・境界確認に当たっては、各関係権利者に対して、立会いを求める日を定め、事前に通知する。
・境界点に、既設の標識が設置されている場合は、関係権利者の同意を得てそれを境界点とすることができる。
・境界確認が完了したときは、土地境界確認書を作成し、関係権利者全員に確認したことの署名押印を求める。

境界測量

・現地において境界点を測定し、その座標値を求める作業。

・近傍の[　　]以上の基準点に基づき、[　　]等により行う。

境界点間測量

・隣接する境界点間の距離を、ＴＳ等を用いて測定し精度を確認する作業。

隣接する境界点間又は境界点と用地境界杭を設置した点（用地境界点）との[　　]を[　　]し、計算した距離と比較を行う。

面積計算

・境界測量の成果に基づき、各筆等の取得用地及び残地の面積を算出して面積計算書を作成する作業。

面積計算は、原則として[　　]により行う。

用地実測図データファイルの作成

・境界点の座標値等を用いて作成し、測図データの地図情報レベルは[　　]を標準とする

用地平面図データファイルの作成

・用地実測図データの境界点の座標値等の必要項目を抽出するとともに、現地において建物等の主要地物を測定し作成する。

一 基準点並びに官民、所有権、借地、地上権等の境界点及び境界線

二 各筆の地番、不動産番号、地目、土地所有者及び借地人等氏名

三 用地幅杭点及び用地境界点の位置並びに用地取得線

四 行政界、市区町村の名称及び大字、字の名称又は町、丁の名称

五 現況地目　　六 建物等及び工作物　　七 道路名及び水路名

八 図面の名称、配置、方位、座標線、地図情報レベル及び座標系

九 測量年月日、計画機関名称及び作業機関名称　　十 その他計画機関に指示された事項

情報レベルは２５０を標準とする。

応用測量　4

面積の計算

座標

この学習で身につけたいこと

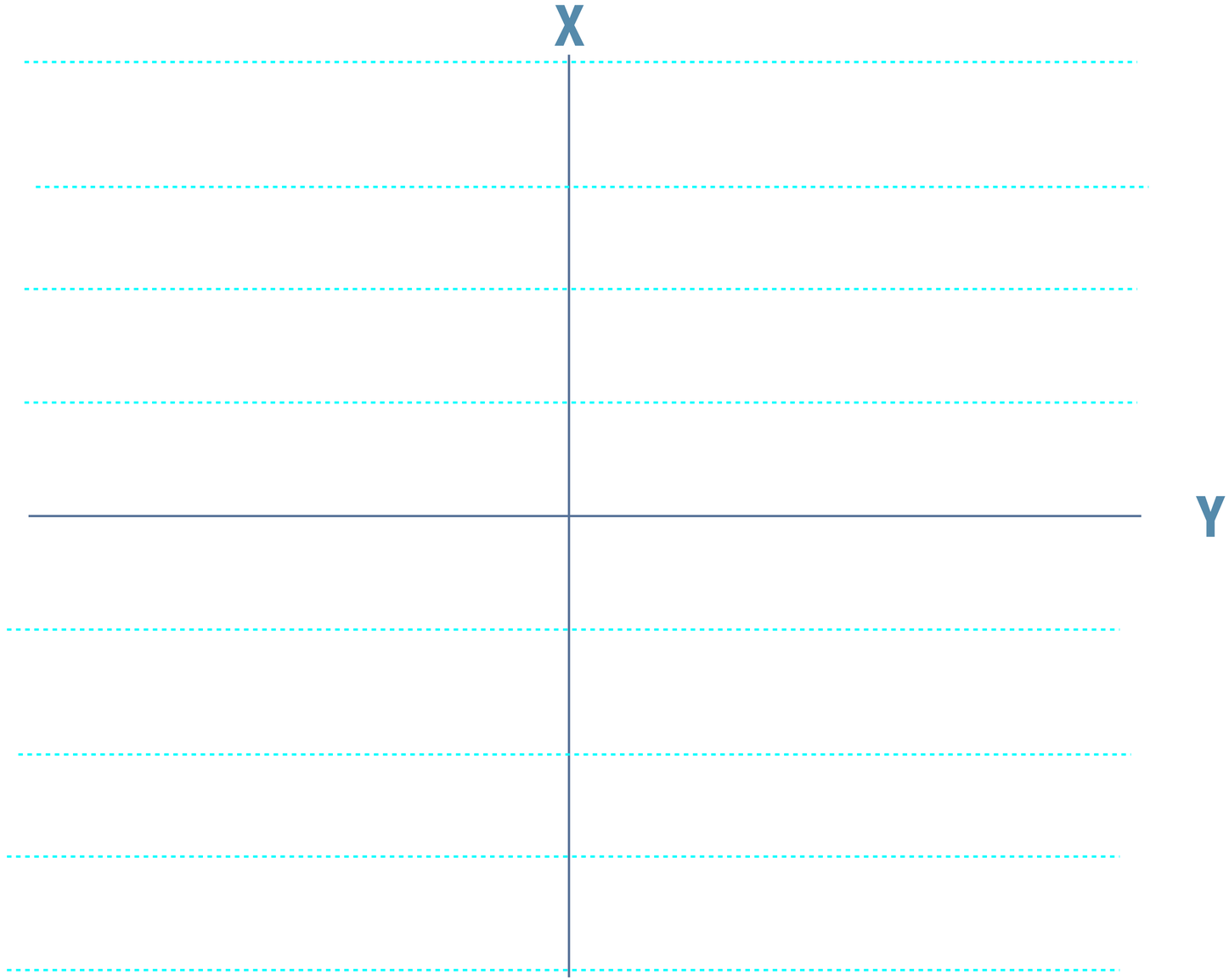
座標値から面積の計算ができる。

例題

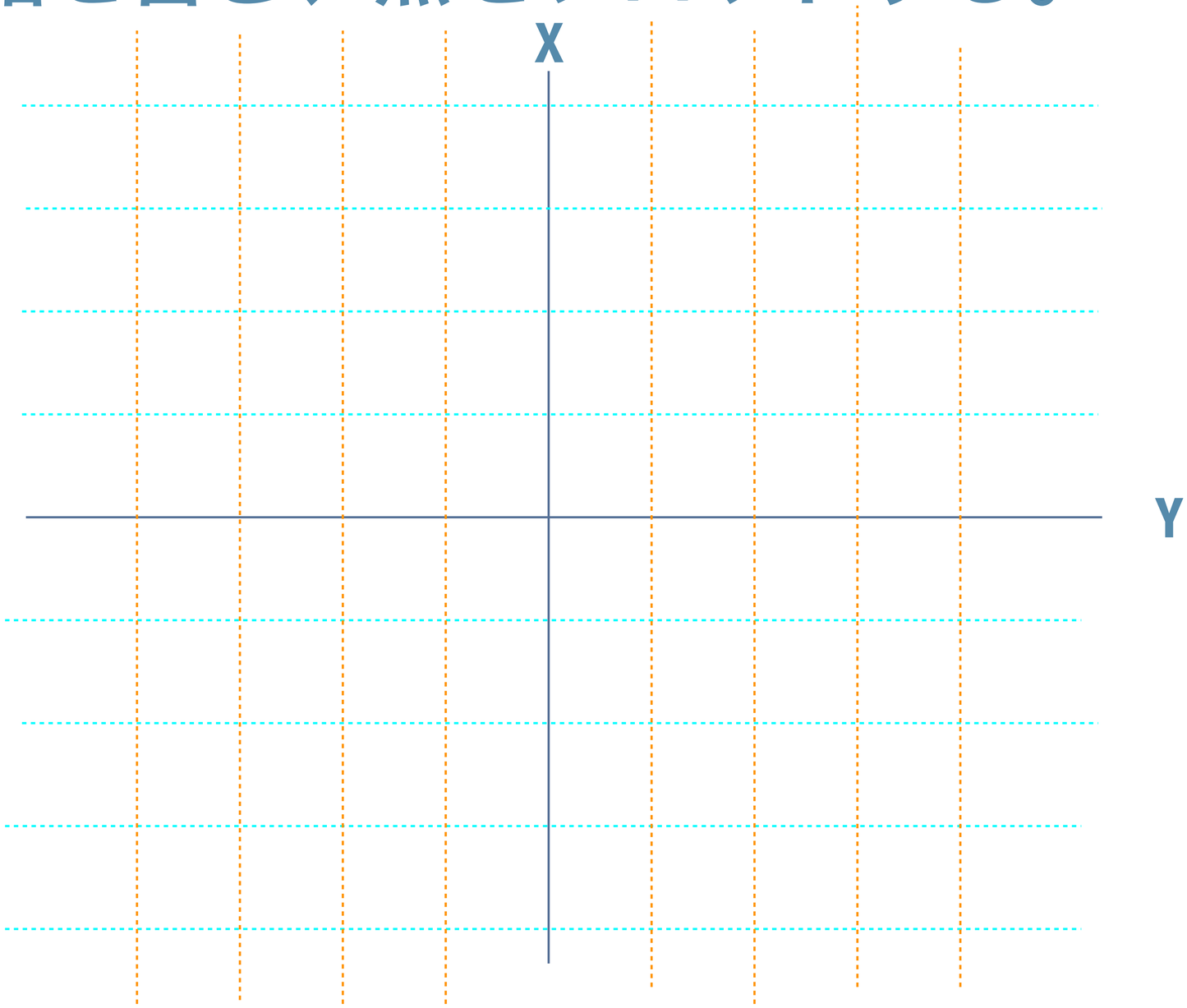
境界点A, B, C，Dを結ぶ直線で囲まれた四角形の土地の測量を行い、表に示す平面直角座標系の座標値を得た。この土地の面積はいくらか。

	X	Y
A	＋20.000m	+20.000m
B	-38.000m	+10.000m
C	-30.000m	-25.000m
D	+7.000m	-41.000m

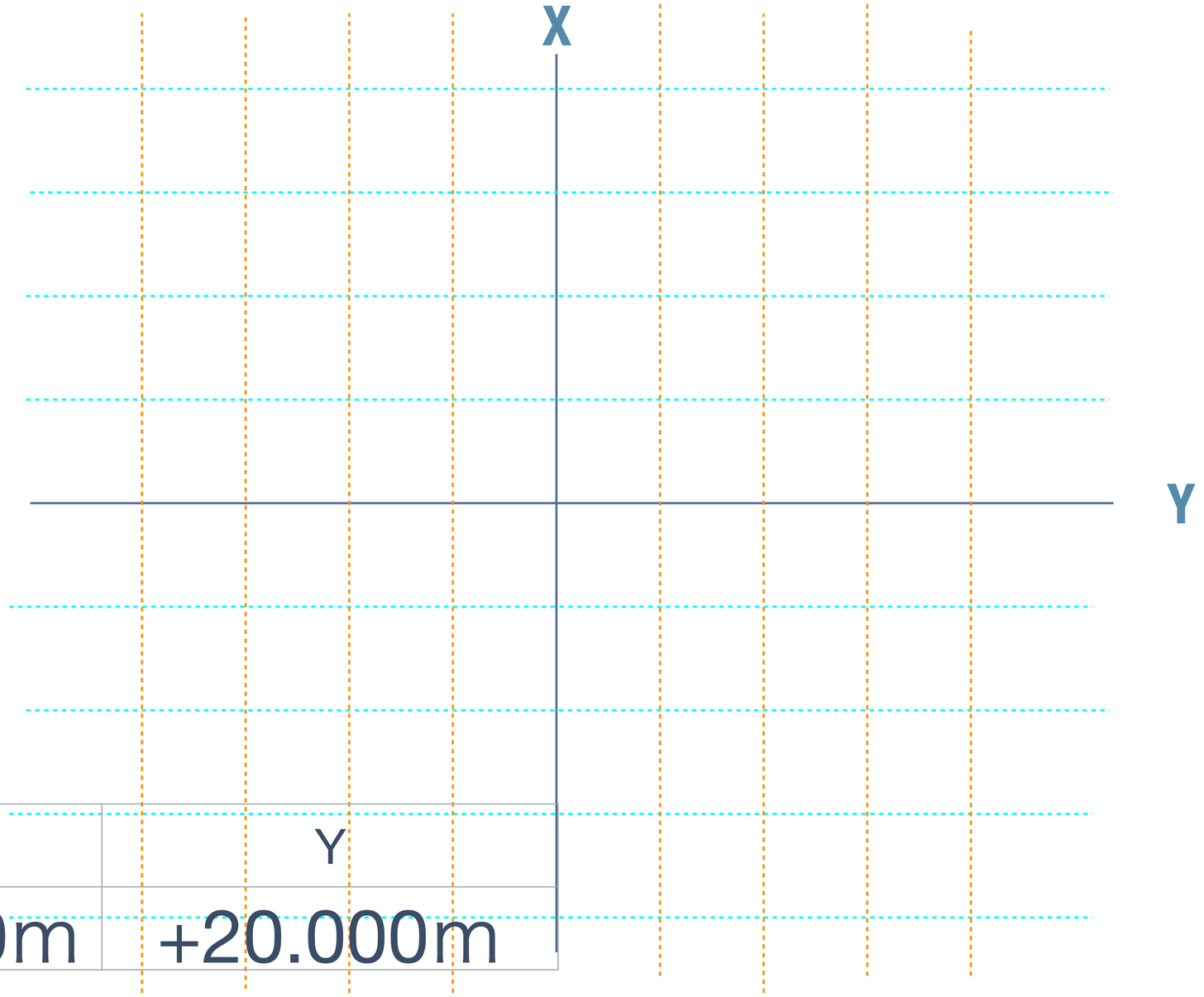
1．座標軸を書き、点をプロットする。



1．座標軸を書き、点をプロットする。



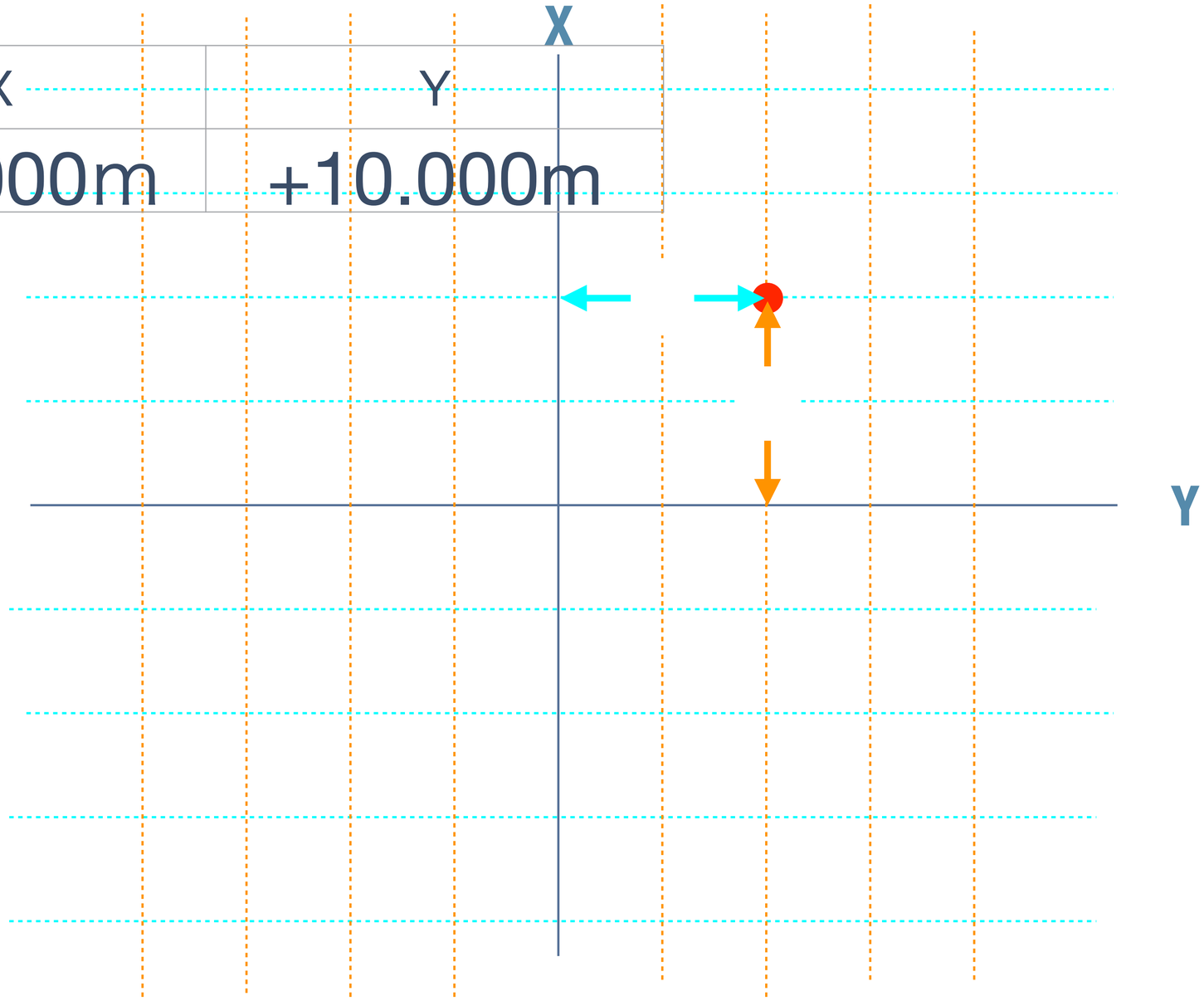
1．座標軸を書き、点をプロットする。



	X	Y
A	＋20.000m	+20.000m

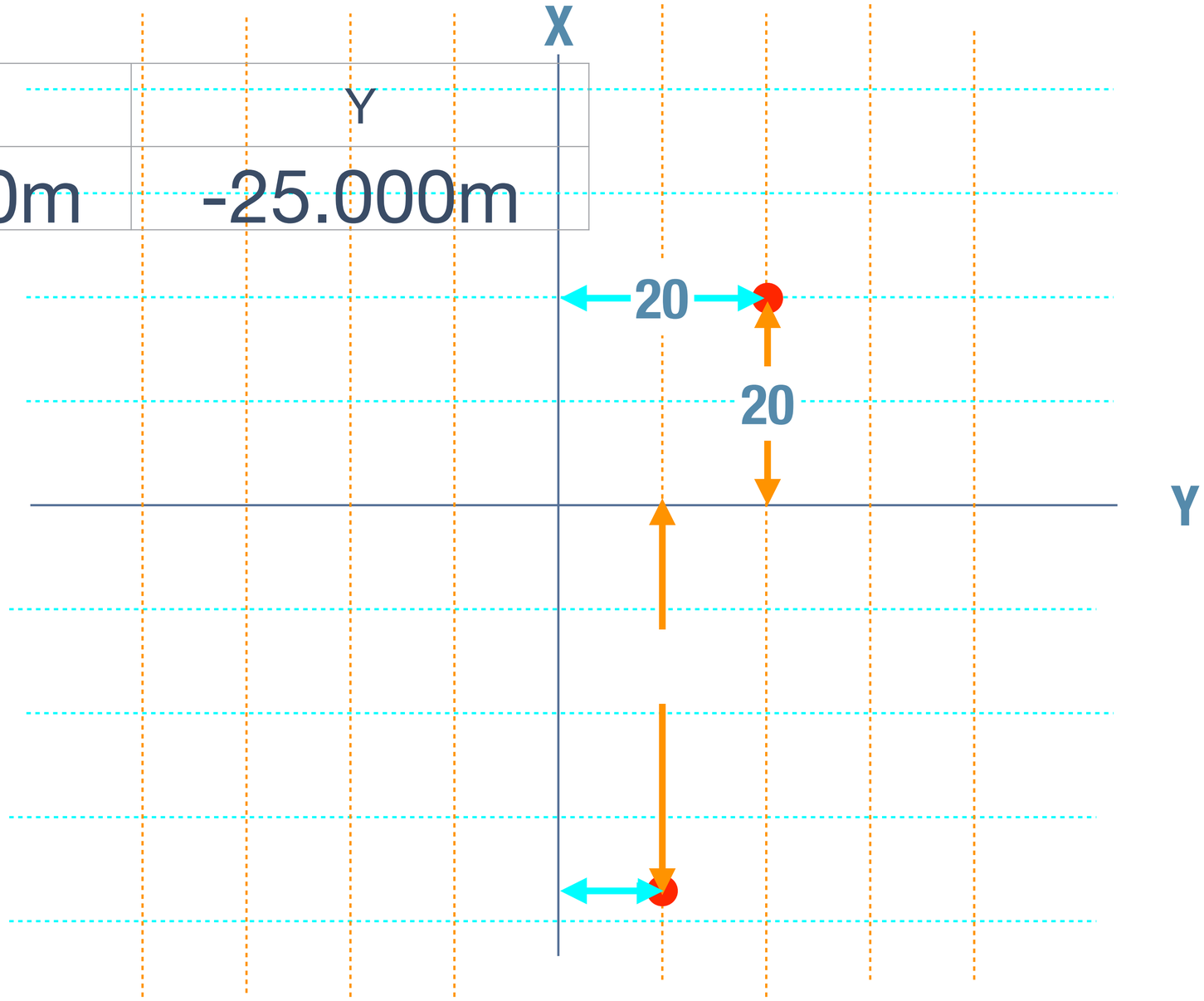
1．座標軸を書き、点をプロットする。

	X	Y
B	-38.000m	+10.000m

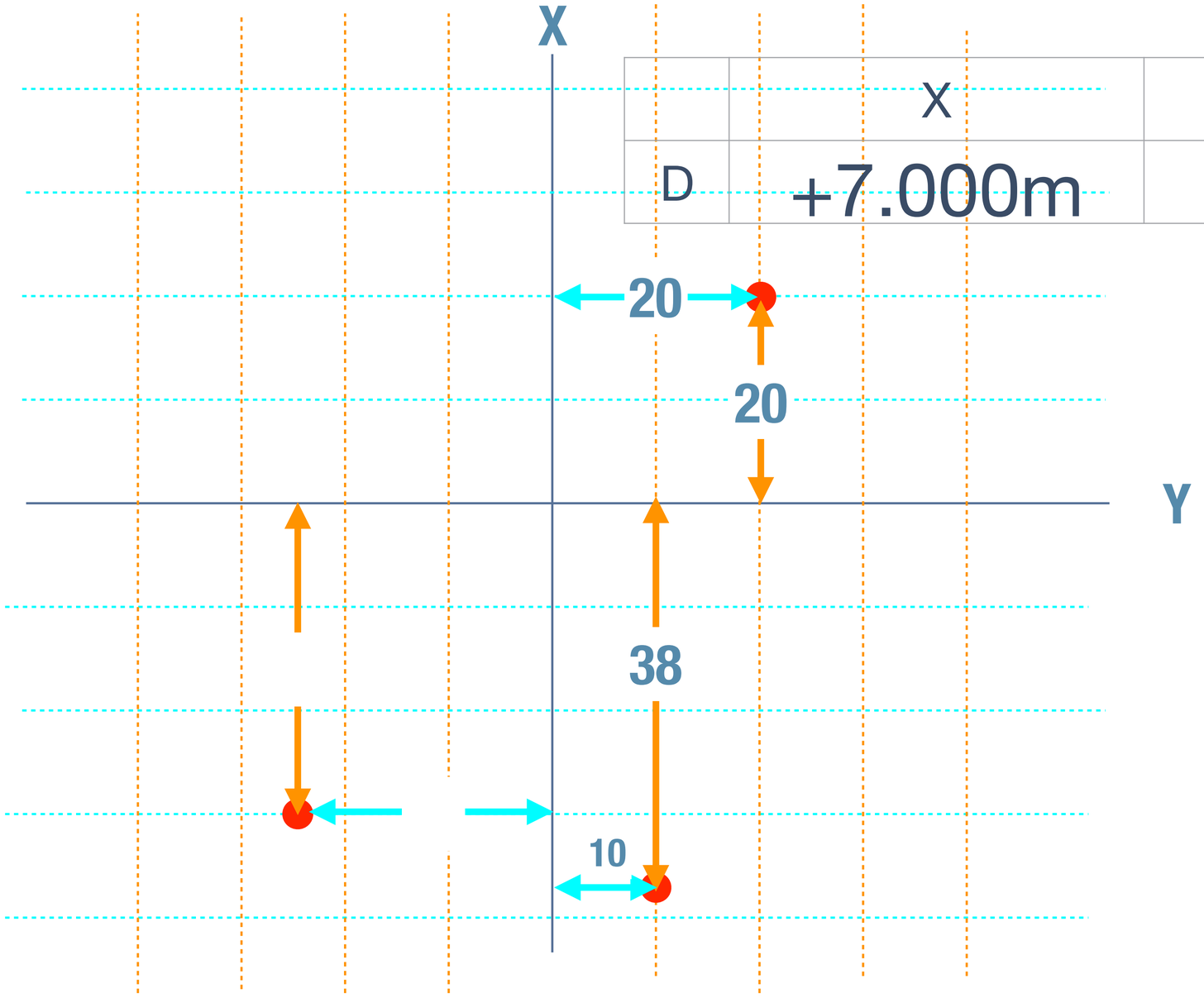


1．座標軸を書き、点をプロットする。

	X	Y
C	-30.000m	-25.000m

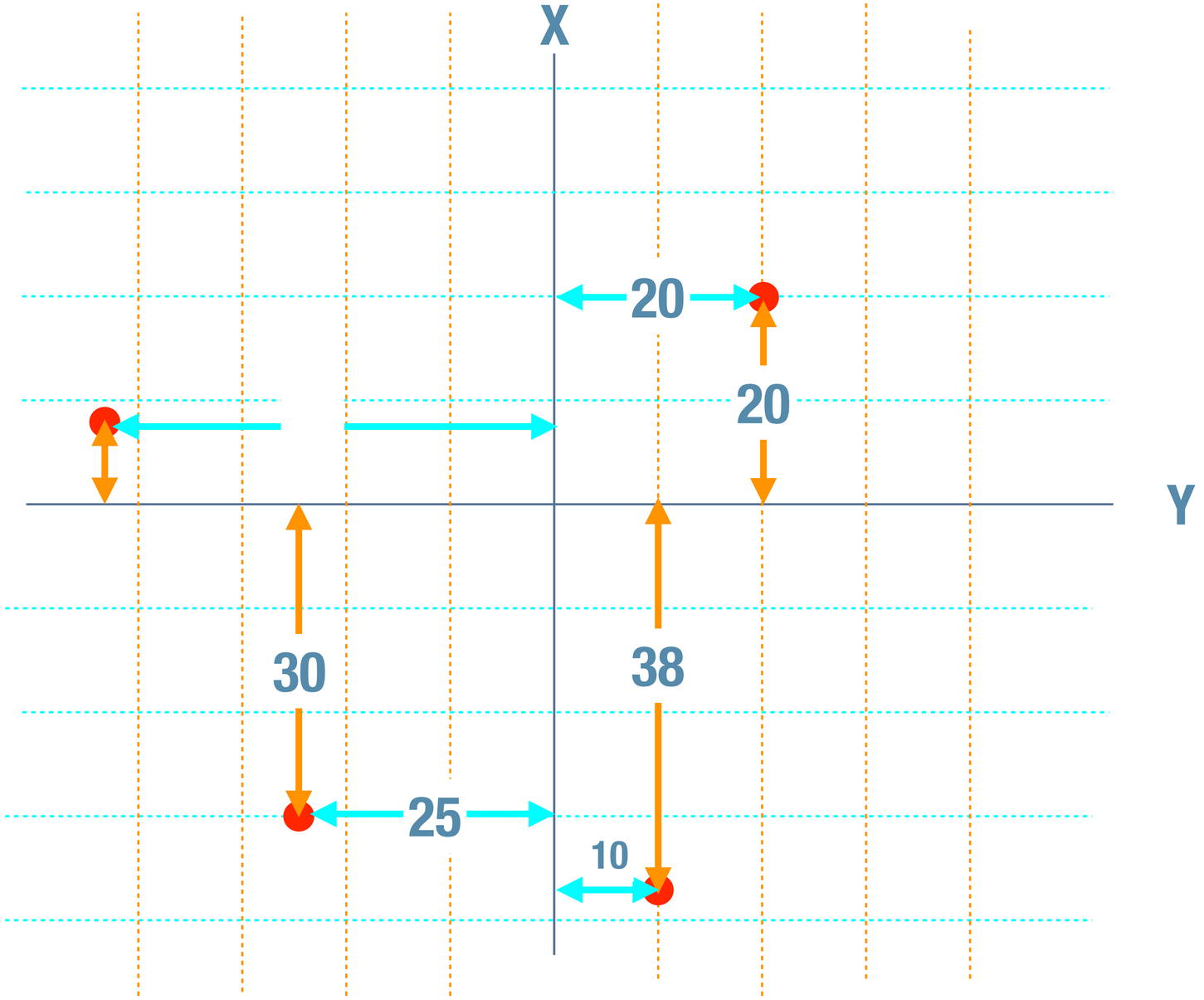


1．座標軸を書き、点をプロットする。

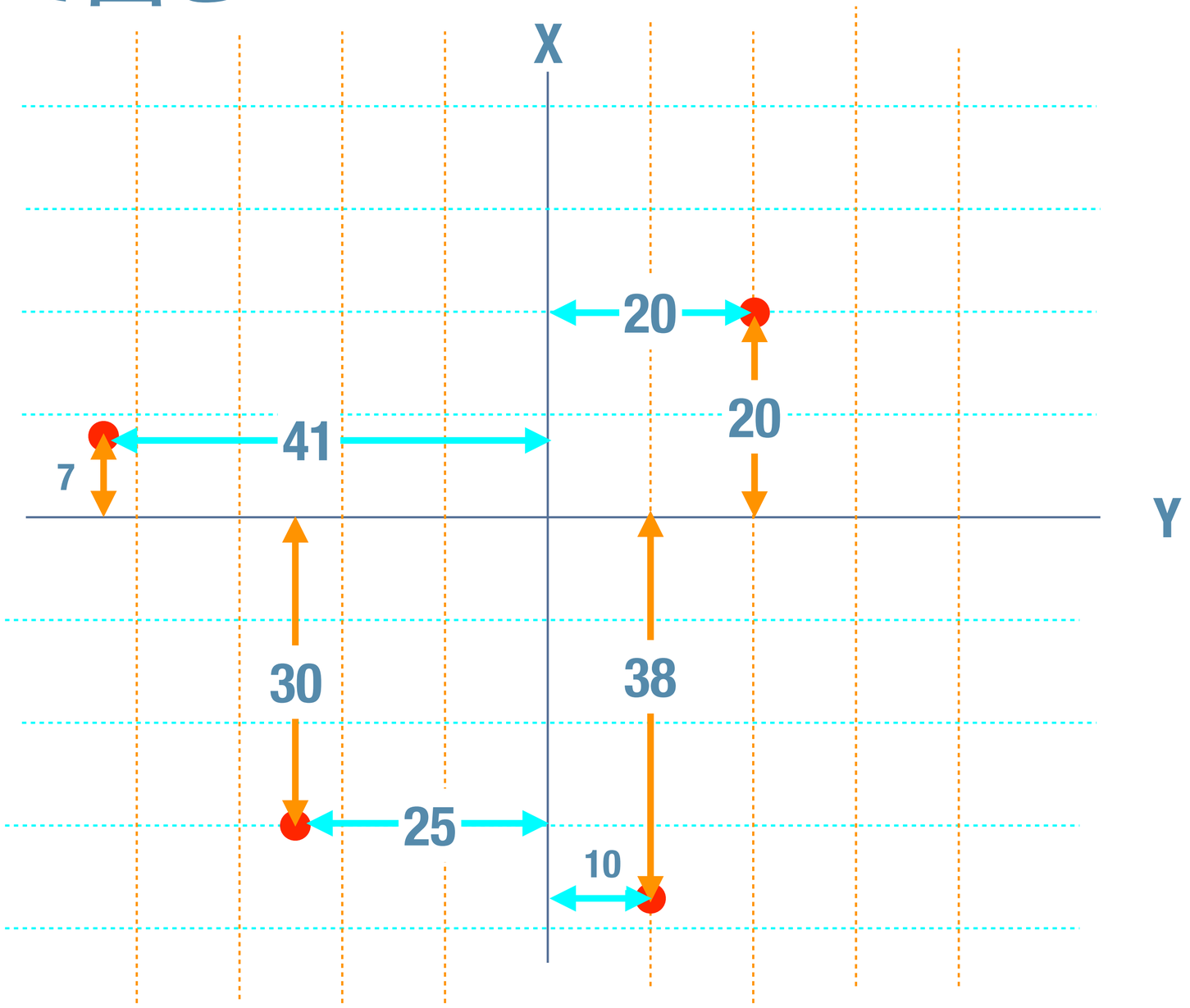


	X	Y
D	+7.000m	-41.000m

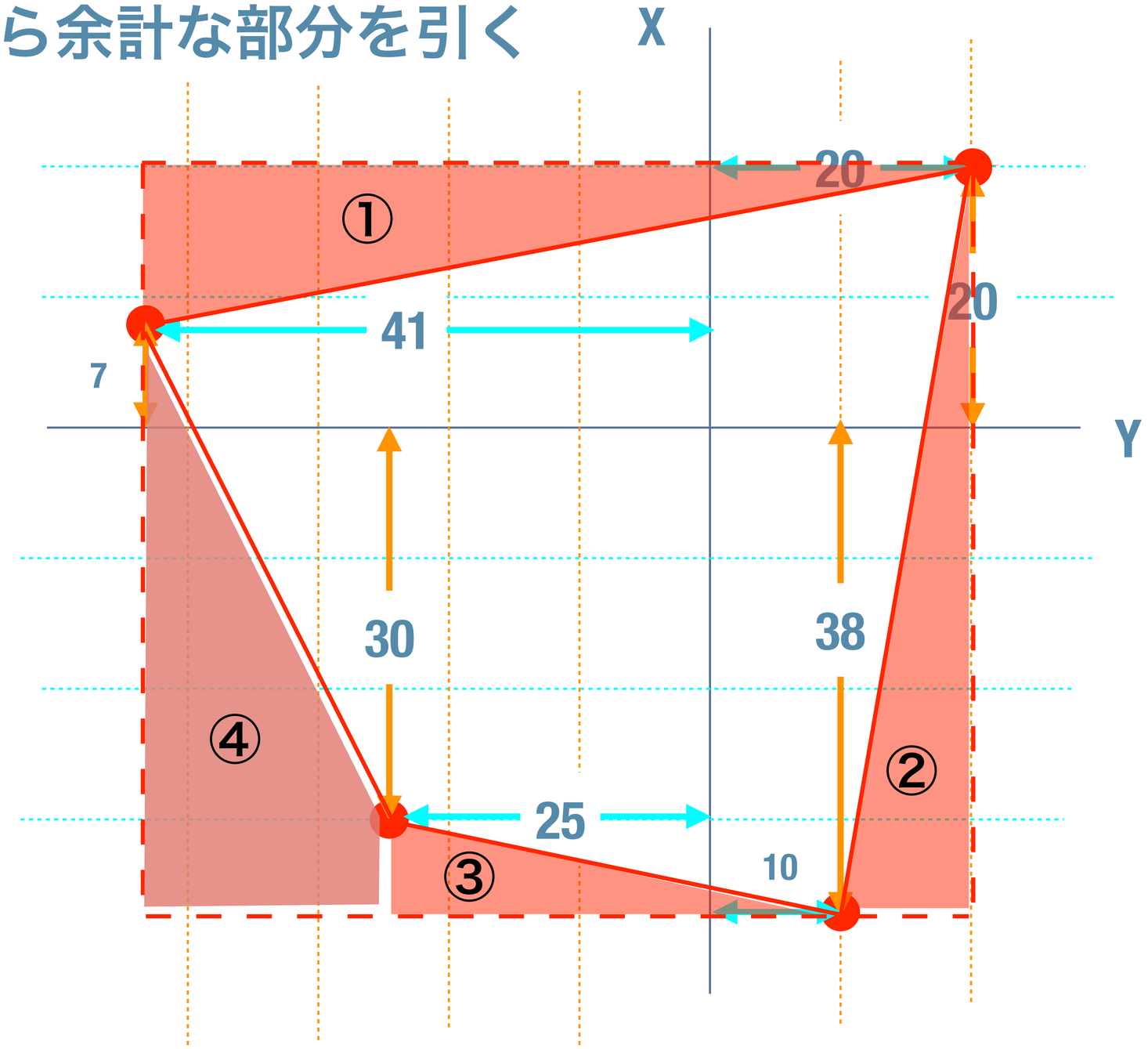
1．座標軸を書き、点をプロットする。



2.　長方形で囲む

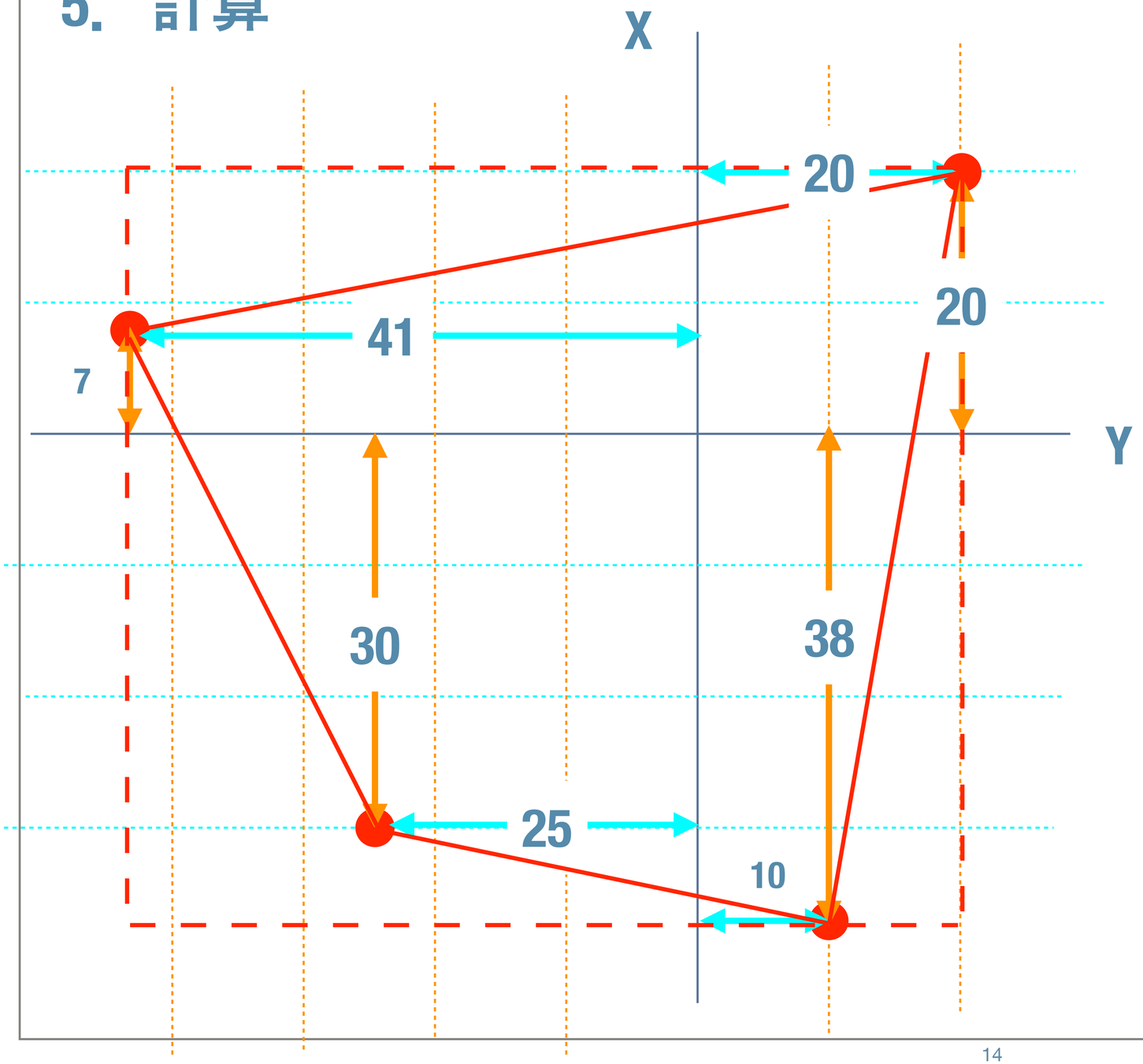


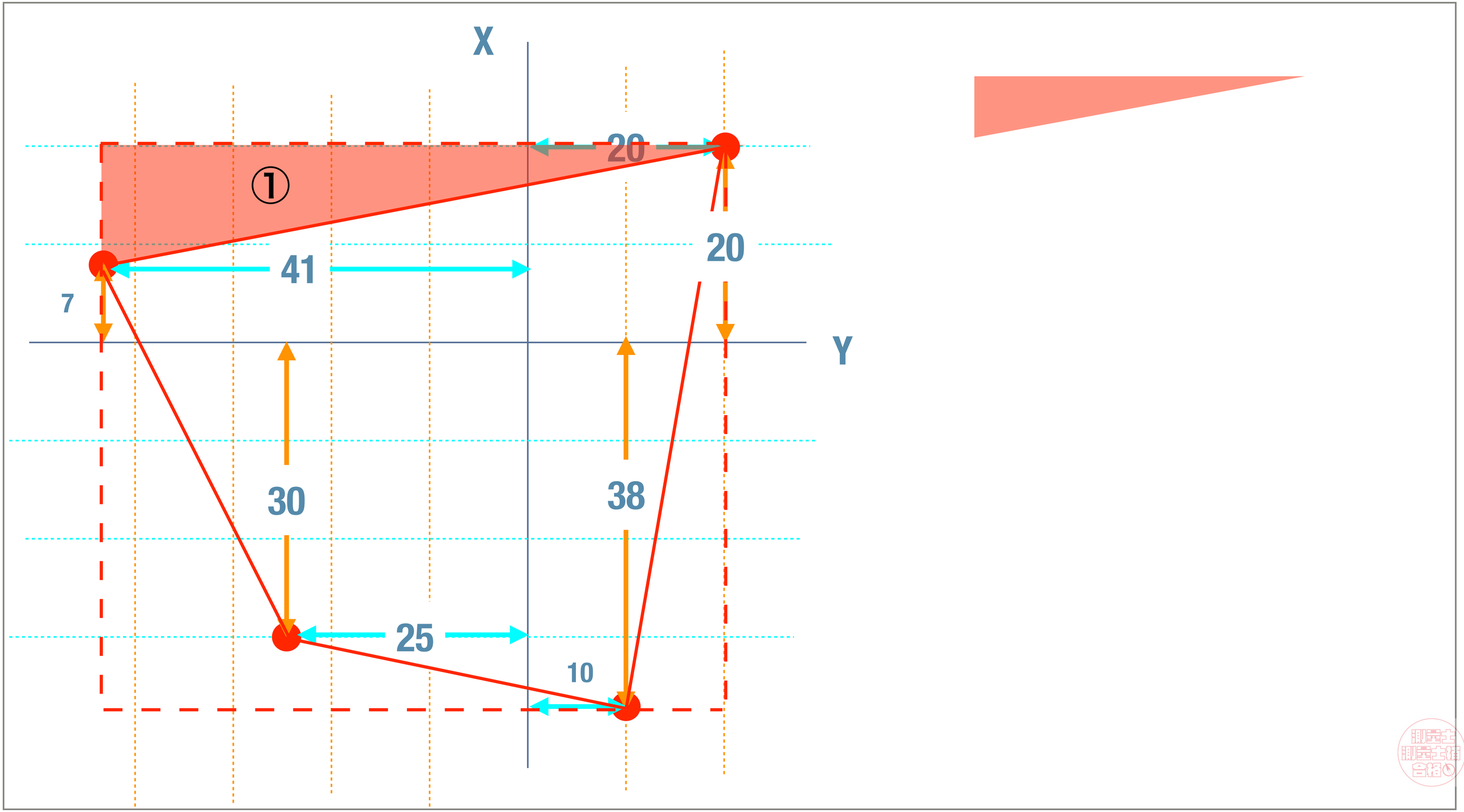
3. 四角形から余計な部分を引く

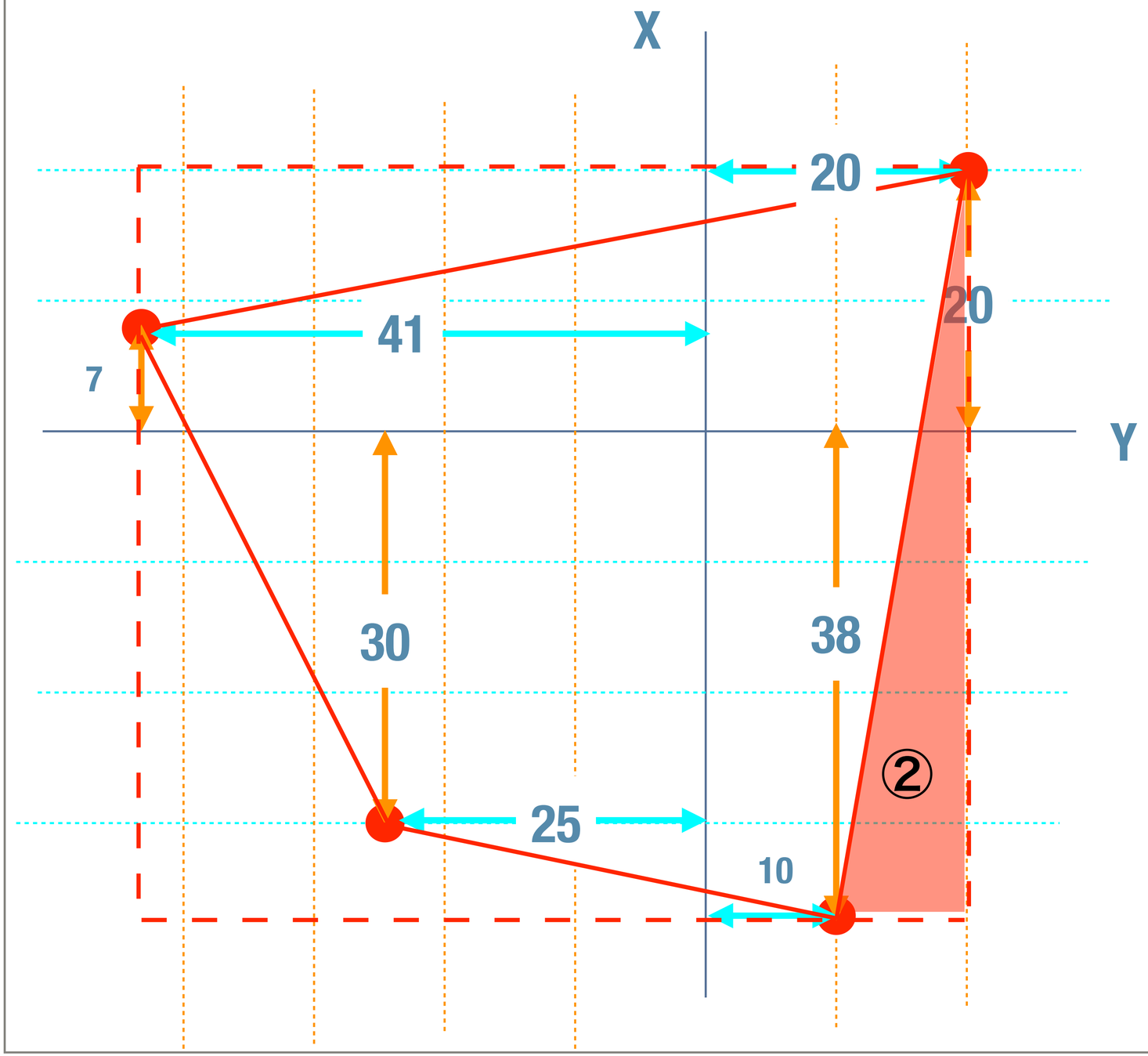


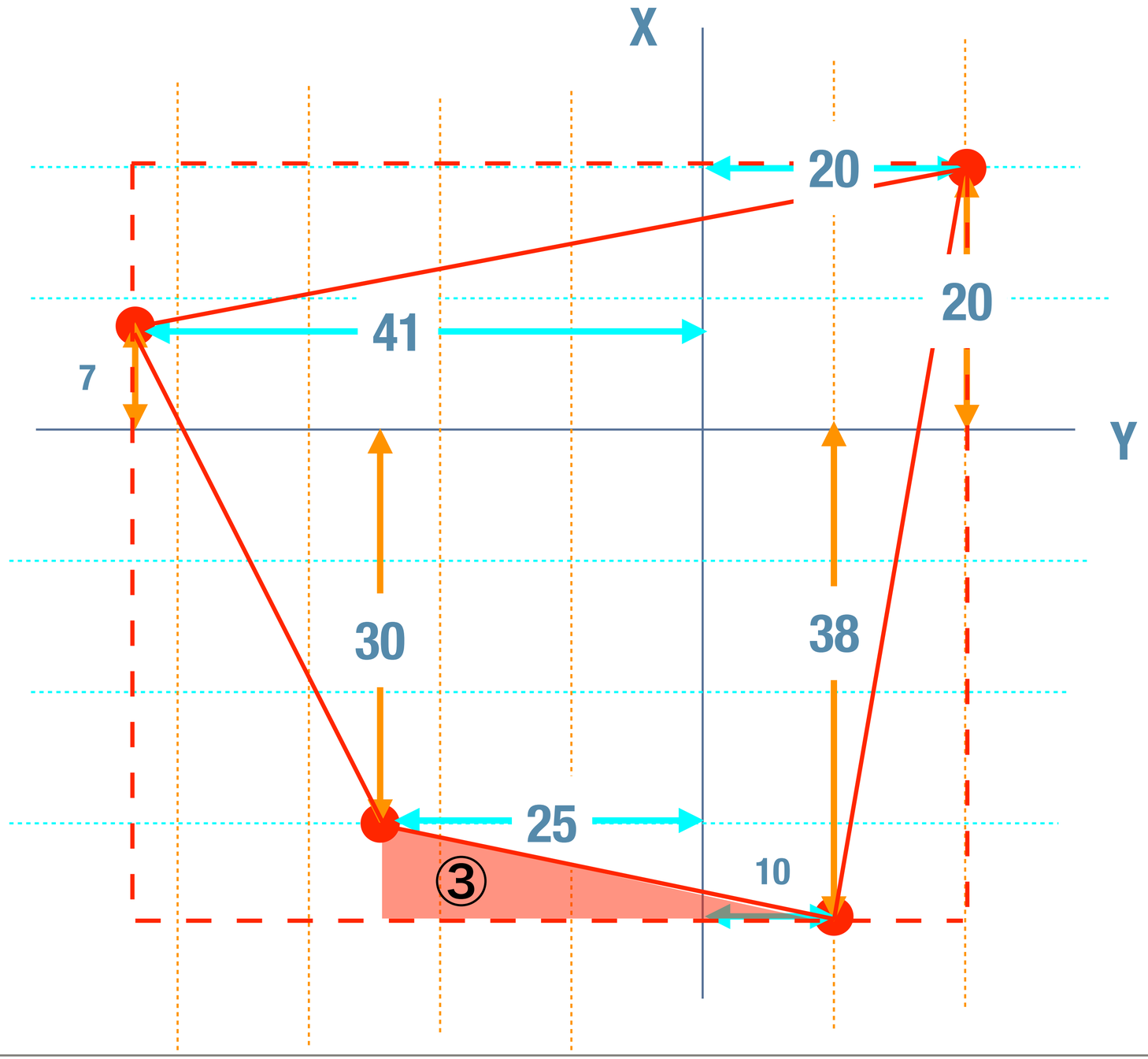
4. 考え方

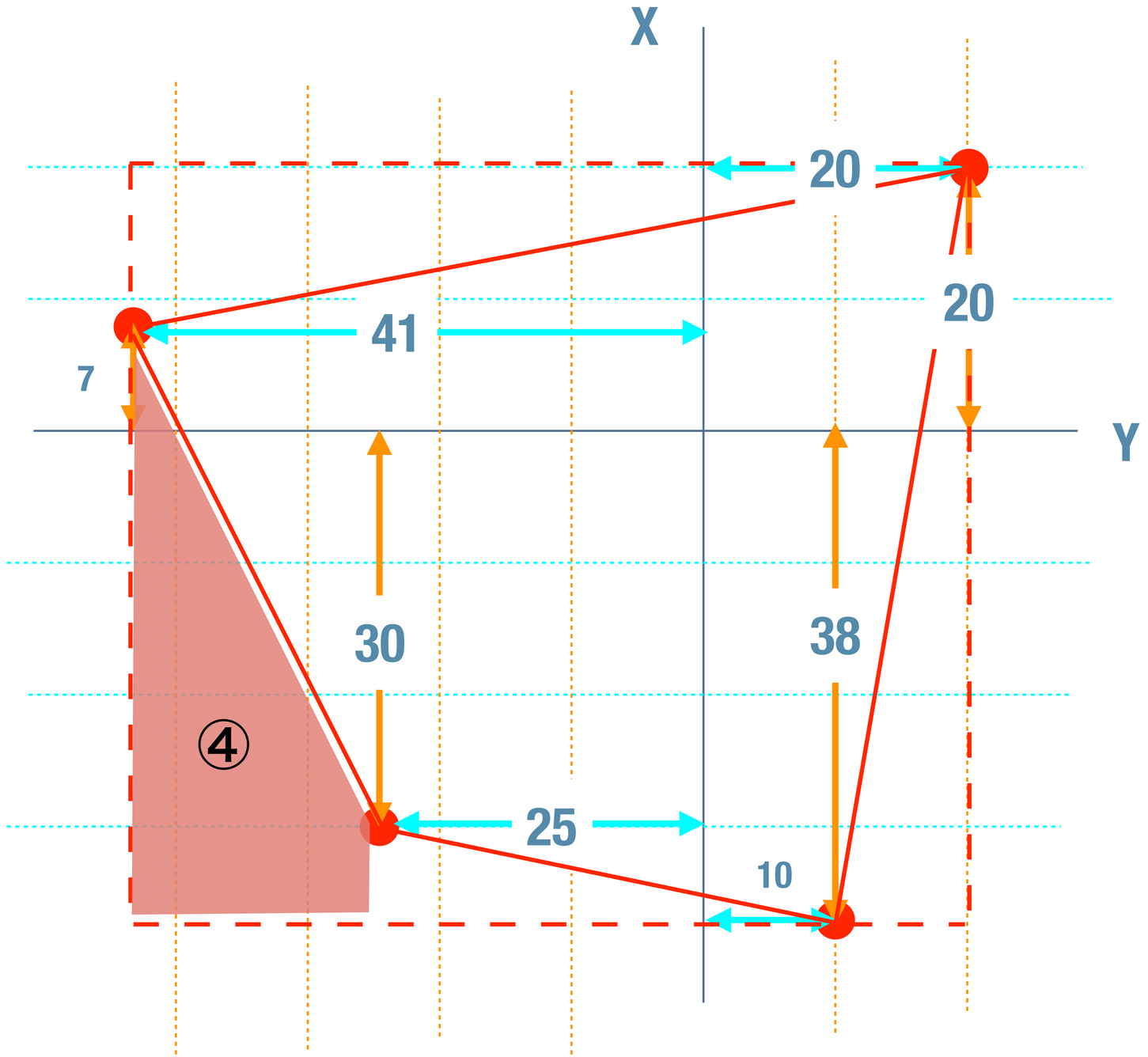
5. 計算

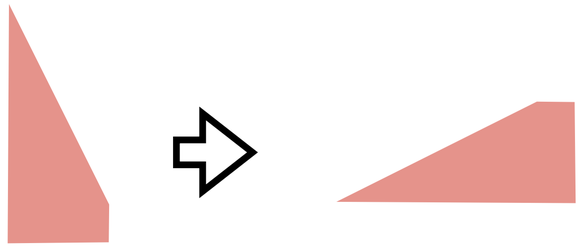



X
Y
①
20
20
41
7
30
38
25
10

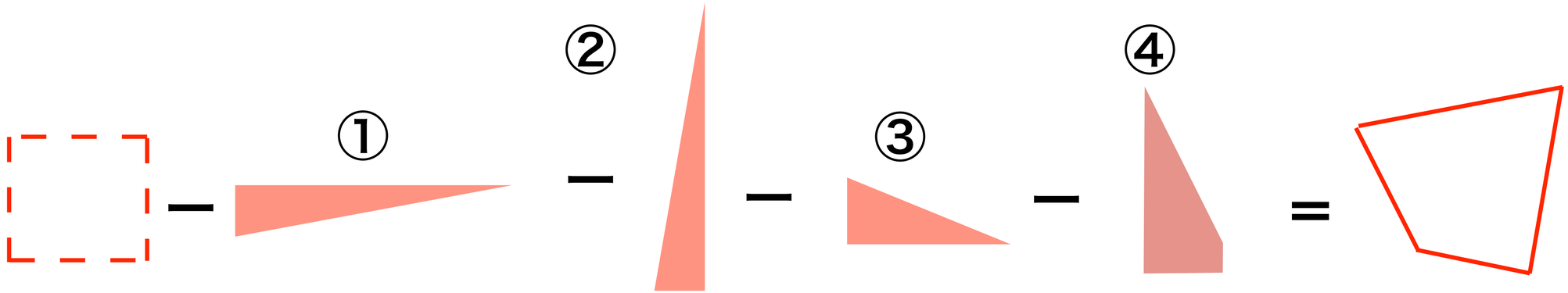

X
Y
20
20
41
7
30
38
25
10
②


X
Y
20
20
41
7
30
38
25
10
③


X
Y
20
20
41
7
30
38
④
25
10



6. 答え



応用測量　5

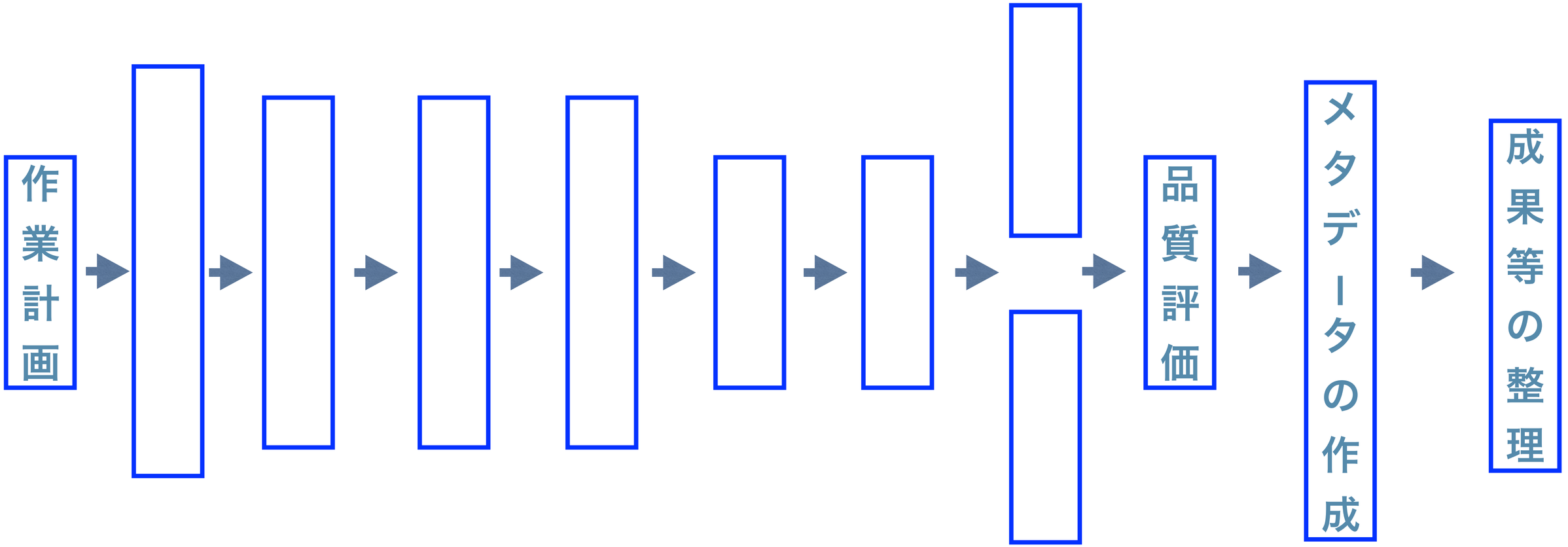
河川測量

路線測量のポイント

- 各作業工程の内容
- 作業の順序
- 必要な精度
- 作業上の注意事項

作業工程

路線測量の作業

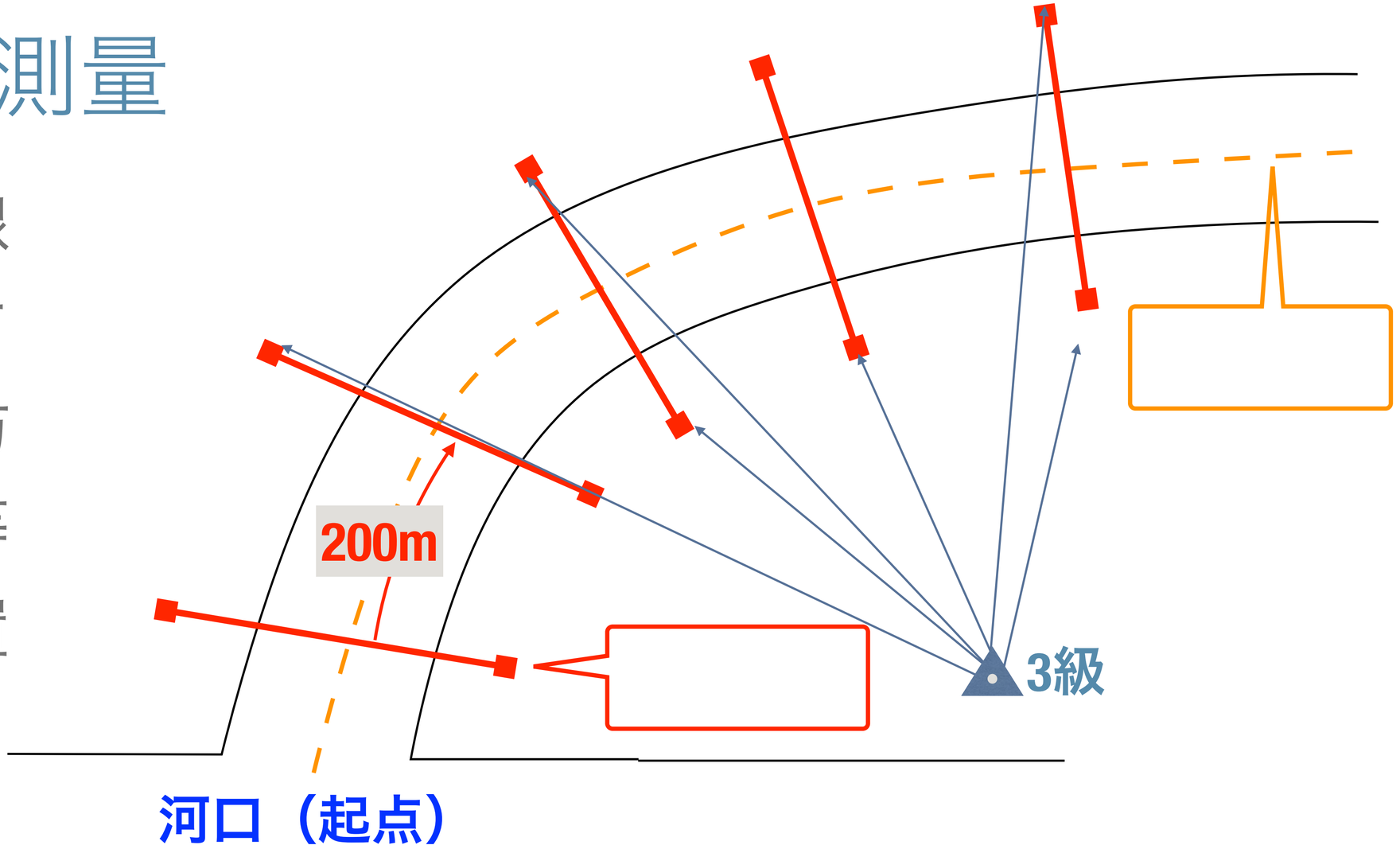


作業計画

・資料の収集、計画路線の調査、作業方法、作業工程、作業班編成、使用器材等を計画準し計画書を作成する。測量を実施する河川、海岸等の状況を把握しておく。

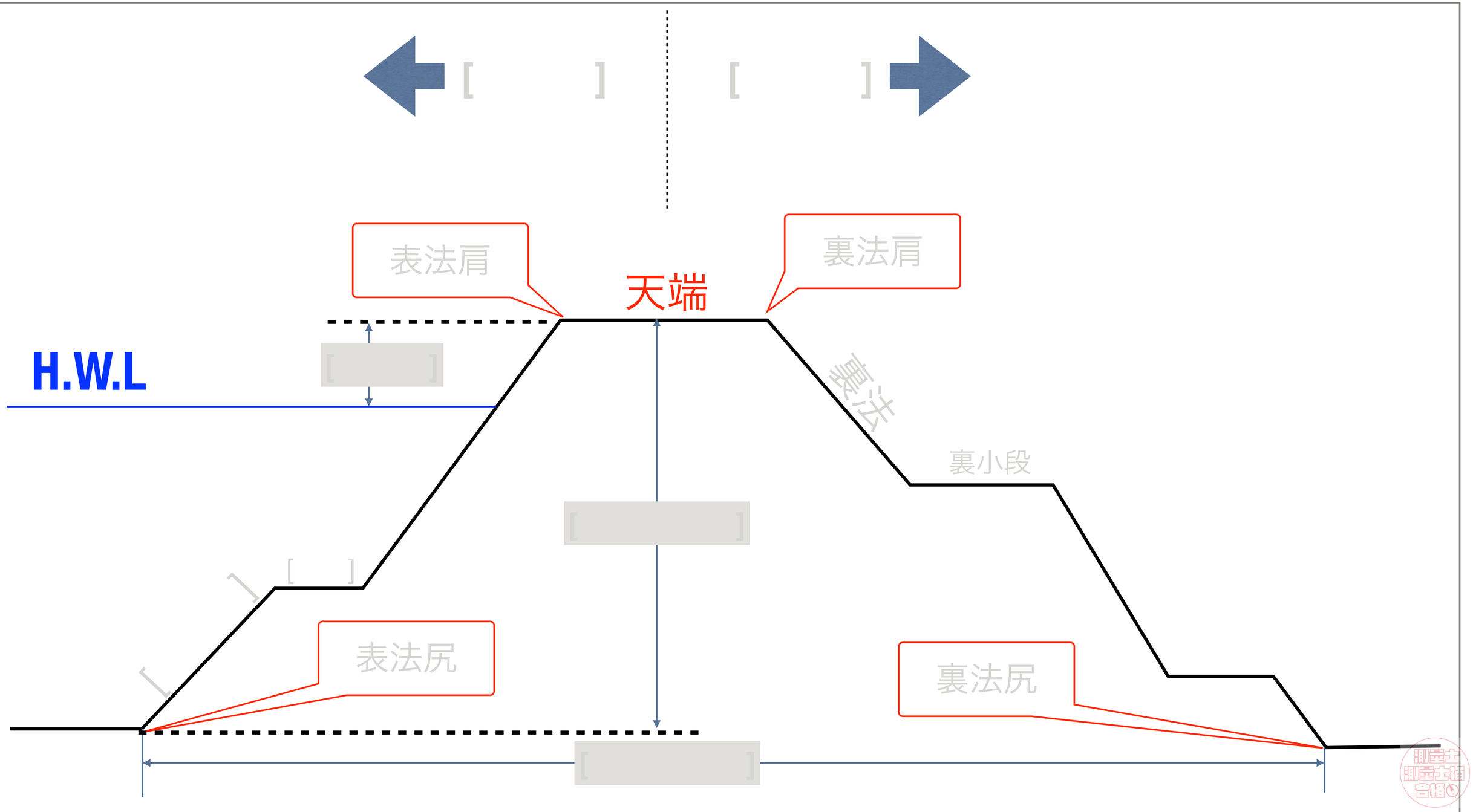
距離標設置測量

・河心線の接線に対して直角方向の両岸の堤防法肩又は法面等に距離標を設置する作業。

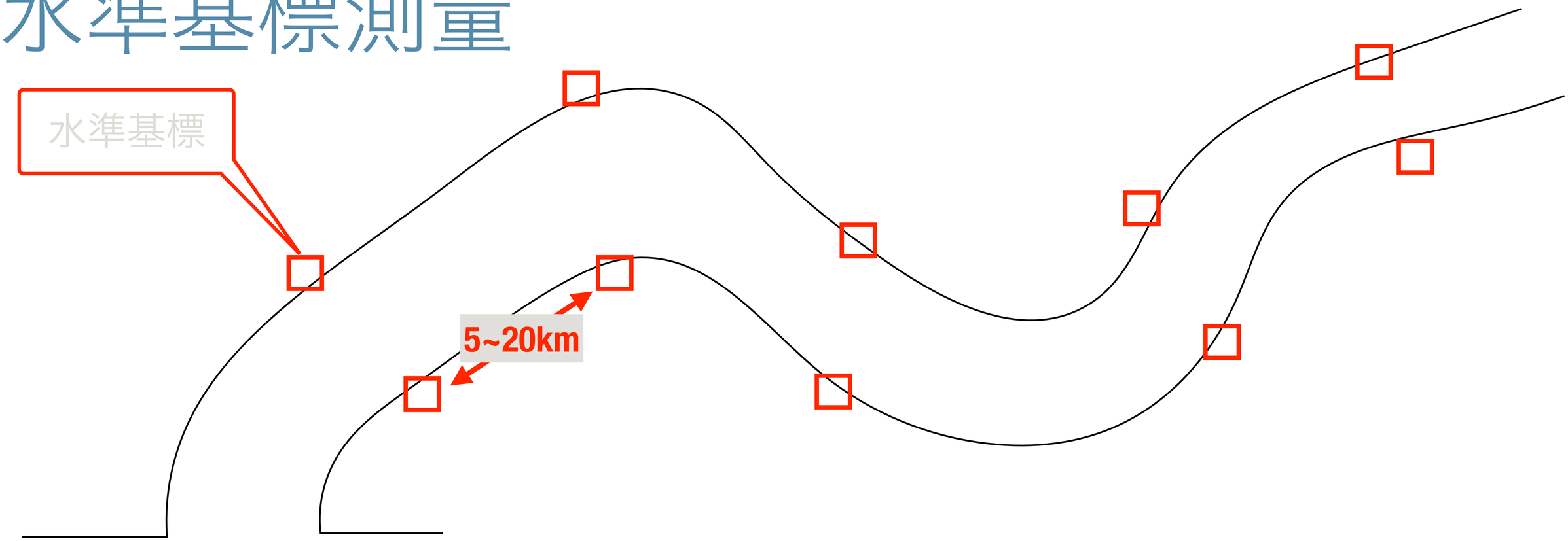


・地形図上で位置を選定し、その座標値に基づいて、近傍の[　　]等から[　　]等により設置する。

・河口又は幹川への合流点に設けた起点から、河心に沿って[　　]ごとに設置する。


[ ]
[ ]
表法肩
天端
裏法肩
H.W.L
[ ]
裏法
裏小段
[ ]
[ ]
表法尻
裏法尻
[ ]

水準基標測量



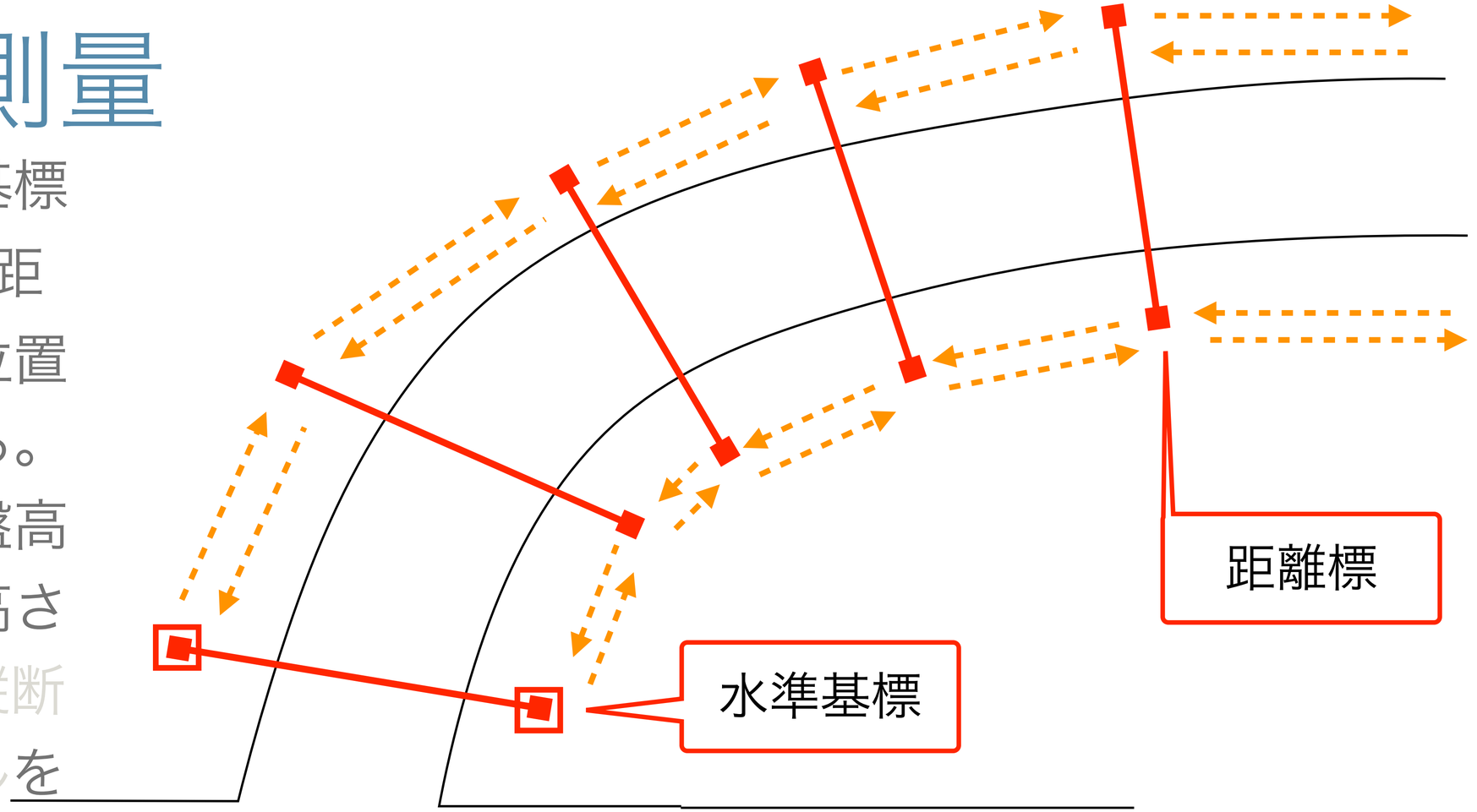
・定期縦断測量の基準となる水準基標の標高を定める作業。

・２級水準測量により行う。

・水位標に近接した位置に5kmから20km間隔で設置する。

定期縦断測量

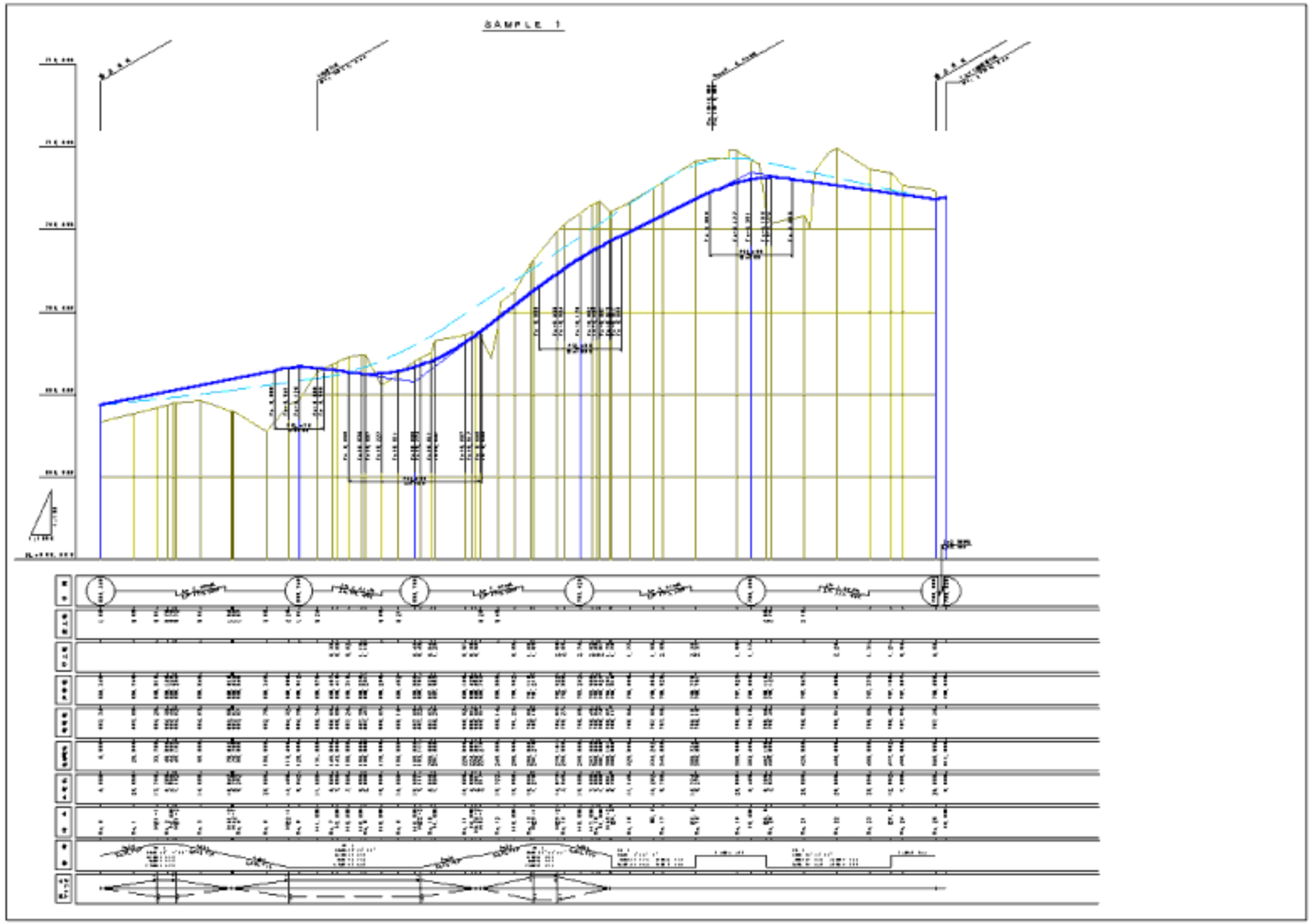
・左右両岸で水準基標間を1往復以上行い距離標高及び距離標位置の地盤高を測定する。同時に堤防高・地盤高等必要な工作物の高さや位置を測定して縦断面図データファイルを作成する。



・平地は3級水準測量、山は4級水準測量。

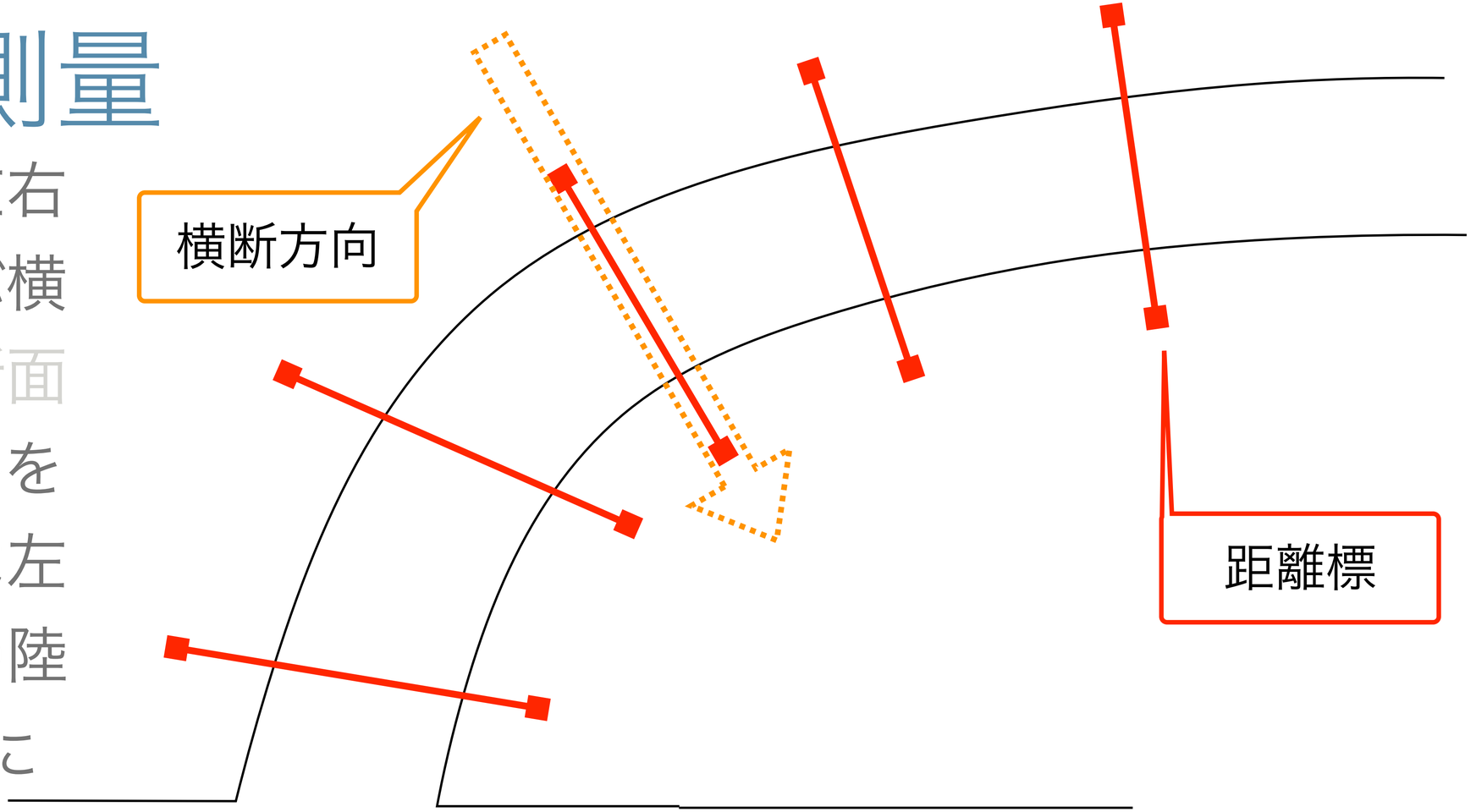
・縦断面図データを出力する場合の縮尺は、横は1/1000~1/100,000、縦は1/100~1/200とする。

縦断面図



定期横断測量

・距離標ごとに左右岸の距離標を結ぶ横断測量を行い横断面図データファイルを作成する。測量は左岸の陸部、右岸の陸部及び水部の3つに分けて行われる。

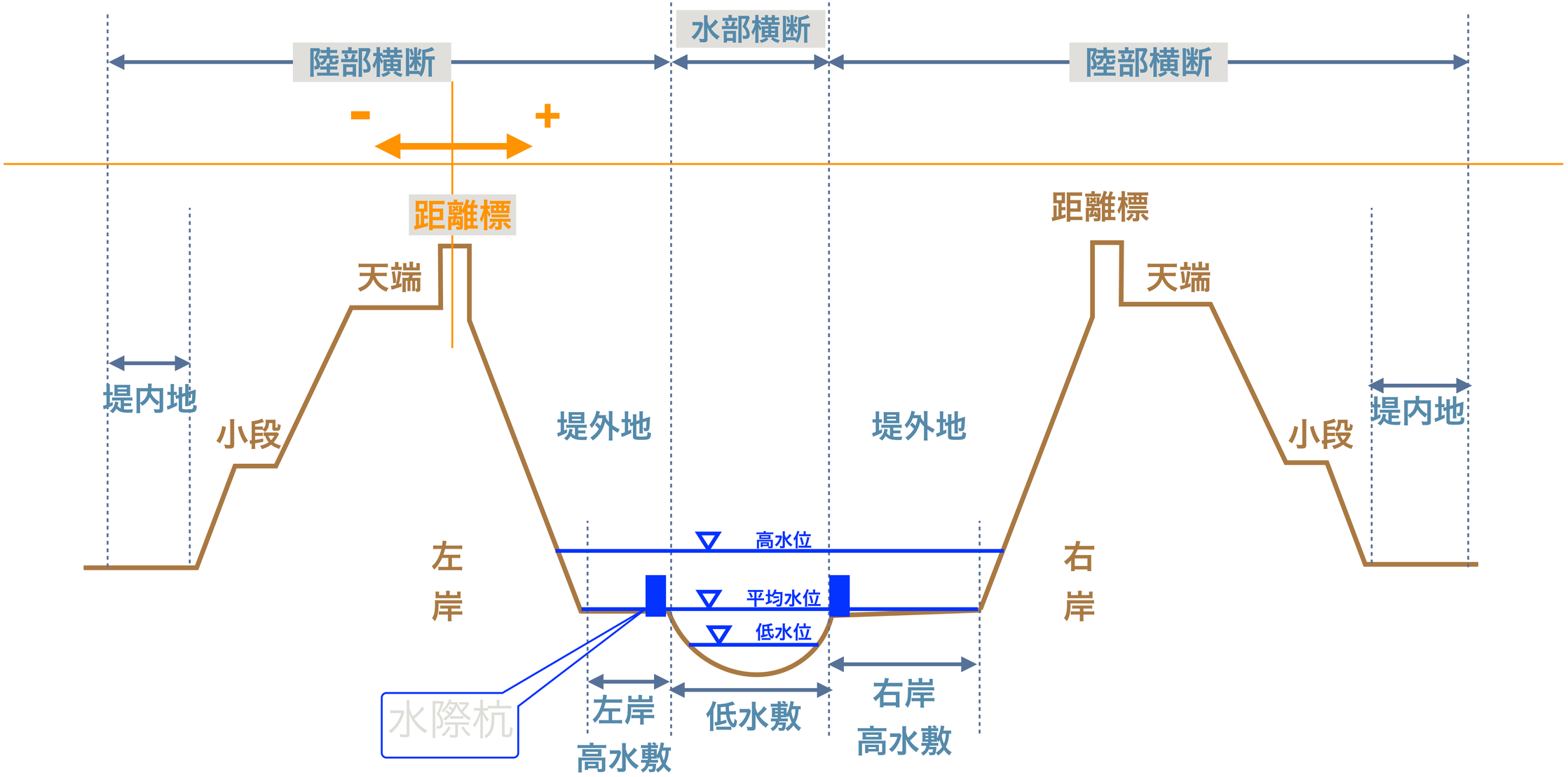


・陸部の測定間隔は10m以下とし地形変化点についても測定する。

・測量範囲は堤外地と左岸,　右岸の堤内地20m~50mの範囲とする。

横断面図

横断面図データの出力は上流から下流を見て表し、その配置は下流の横断面図を左上とし，順次上流の横断面図を出力する。作図については左岸の距離標を基準として追加距離により、 高さは基準とする面を定めて出力する。横は1/100~1/1000、縦は1/100~1/200

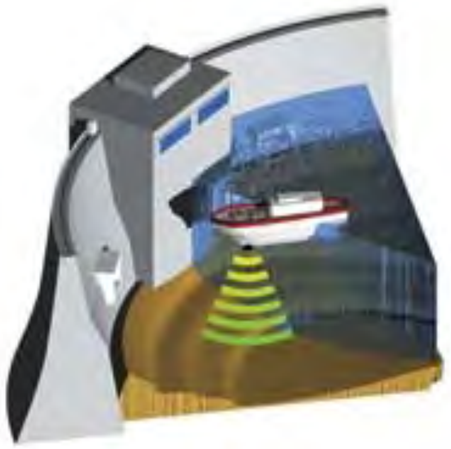


深浅測量

・水面を基準にして、測深位置と水深を同時に測定し、横断面図データファイルを作成する。水深の測定は音響測深機を用いて行う。

本田電子［HFD700］

※メーカーHPより



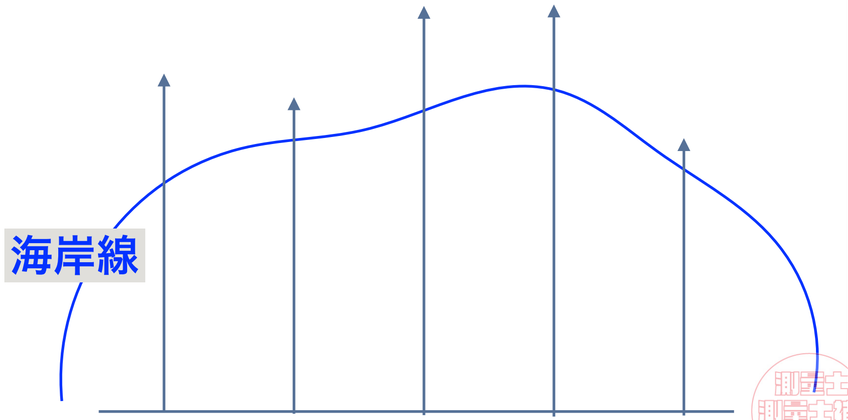
・浅い場合はロッドやレッドを使う
・超音波測深は水質や底の地質に影響をうける。

汀線測量

・基準とする杭から距離測定及び標高測定により汀線の位置を定めて行う。

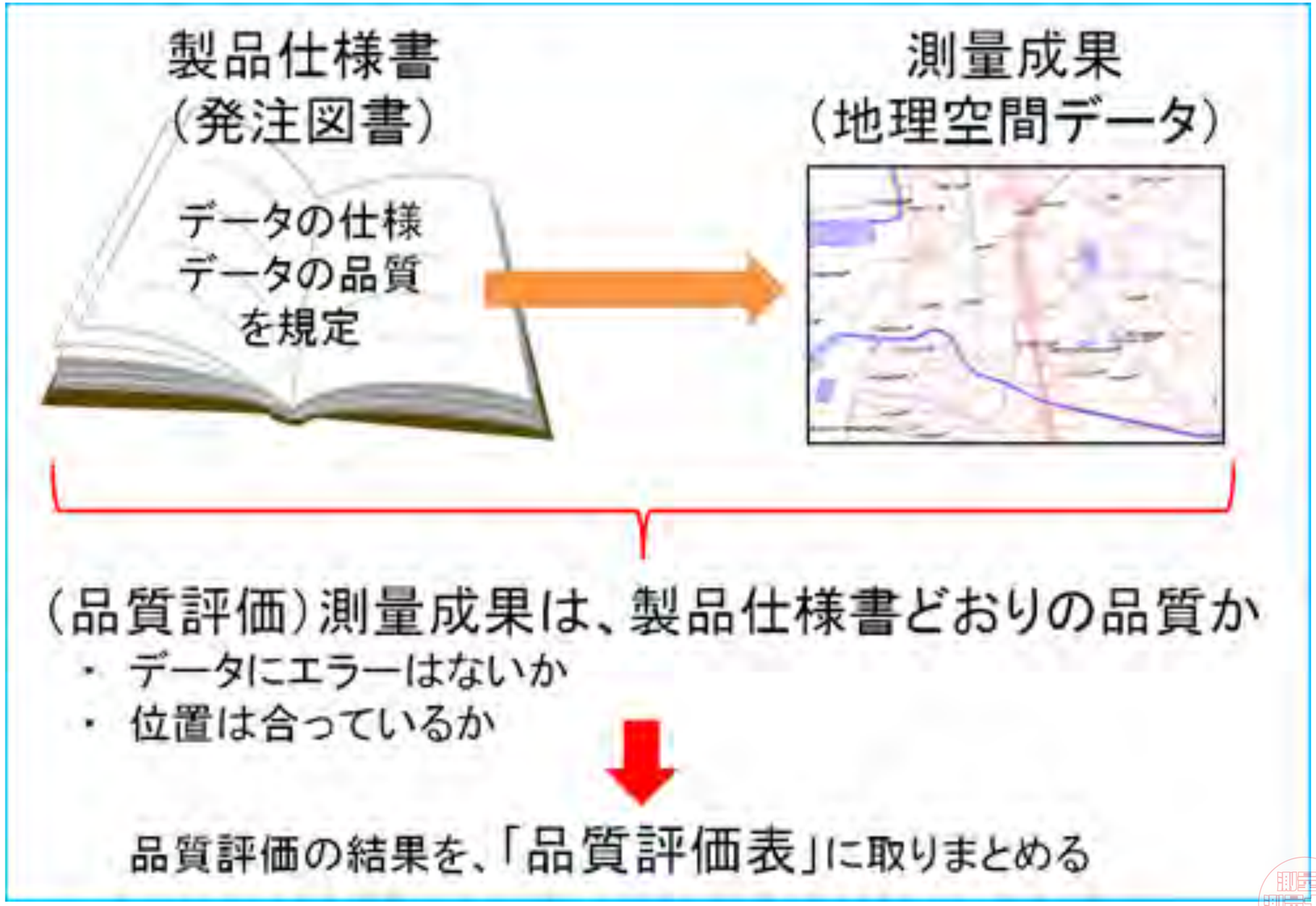
海浜測量

・海浜を含む範囲の等高・等深線図データファイルを作成する作業。海岸線に沿って陸部に基準線を設け、適切な間隔に測点を設置し、測点ごとに基準線に対し直角の方向に横断測量を実施する。



品質評価

・品質評価とは、「作成したデータが、製品仕様書の規定する品質を満たしているか」を確認する作業のこと。



メタデータの作成

製品仕様書に従いファイルの管理及び利用において必要となる事項について作成する。

製品仕様書とは得ようとする測量成果の種類、内容、構造、品質等を示す仕様書のこと。

・製品仕様書は、「地理情報標準プロファイル Japan Profile for Geographic Information Standards（JPGIS）」（以下「ＪＰＧＩＳ」という。）に準拠するものとする。

・製品仕様書による品質評価の位置正確度等については、この準則の各作業工程を適用するものとする。ただし、この準則における各作業工程を適用しない場合は、ＪＰＧＩＳによる品質評価を標準とするものとする。

成果等の整理

成果等の整理	該当する測量の種類							
	距離標設置測量	水準基標測量	定期縦断測量	定期横断測量	深浅測量	法線測量	海浜測量	汀線測量
観測手簿	○	○	○	○	○	○	○	○
記録紙					○			
計算簿	○	○				○	○	○
成果表	○	○	○					
縦断面図データファイル			○					
横断面図データファイル				○	○			
線形図データファイル						○		
等高・等深線図データファイル							○	
汀線図データファイル								○
点の記	○	○						
精度管理表	○	○	○	○		○	○	
品質評価表	○	○	○			○	○	○
メタデータ	○	○	○			○	○	○

応用測量　6

平均河床高の計算

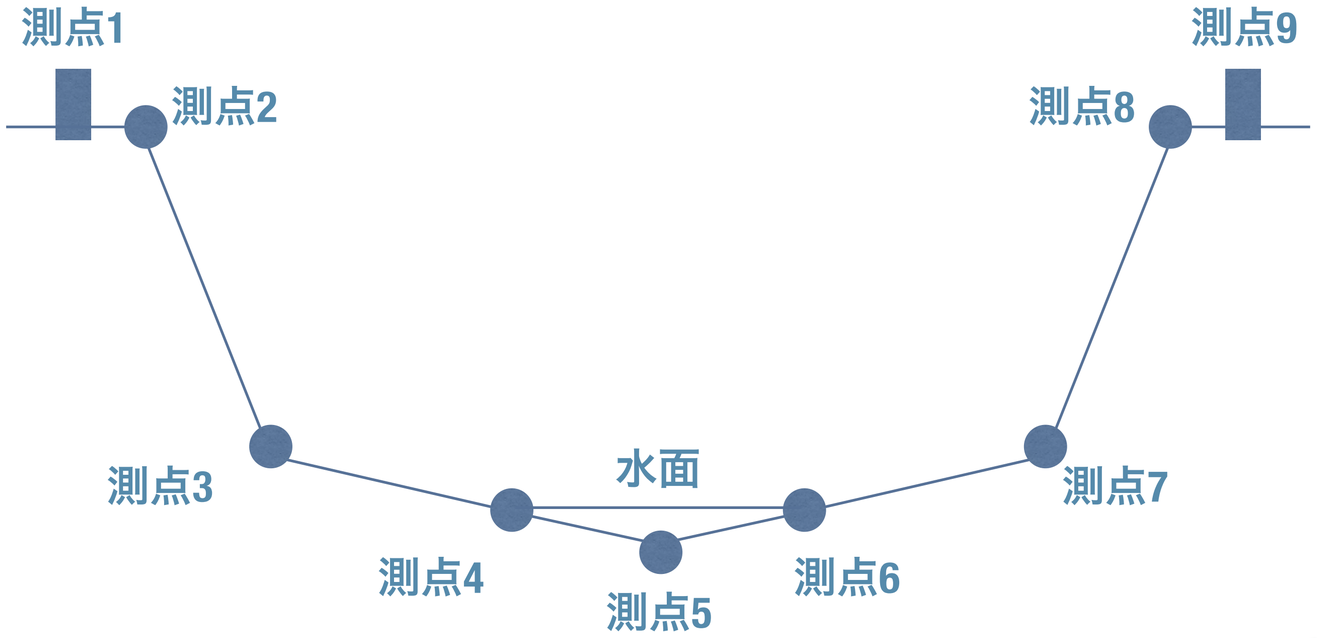
この学習で身につけたいこと

平均河床高の計算ができる。

例題

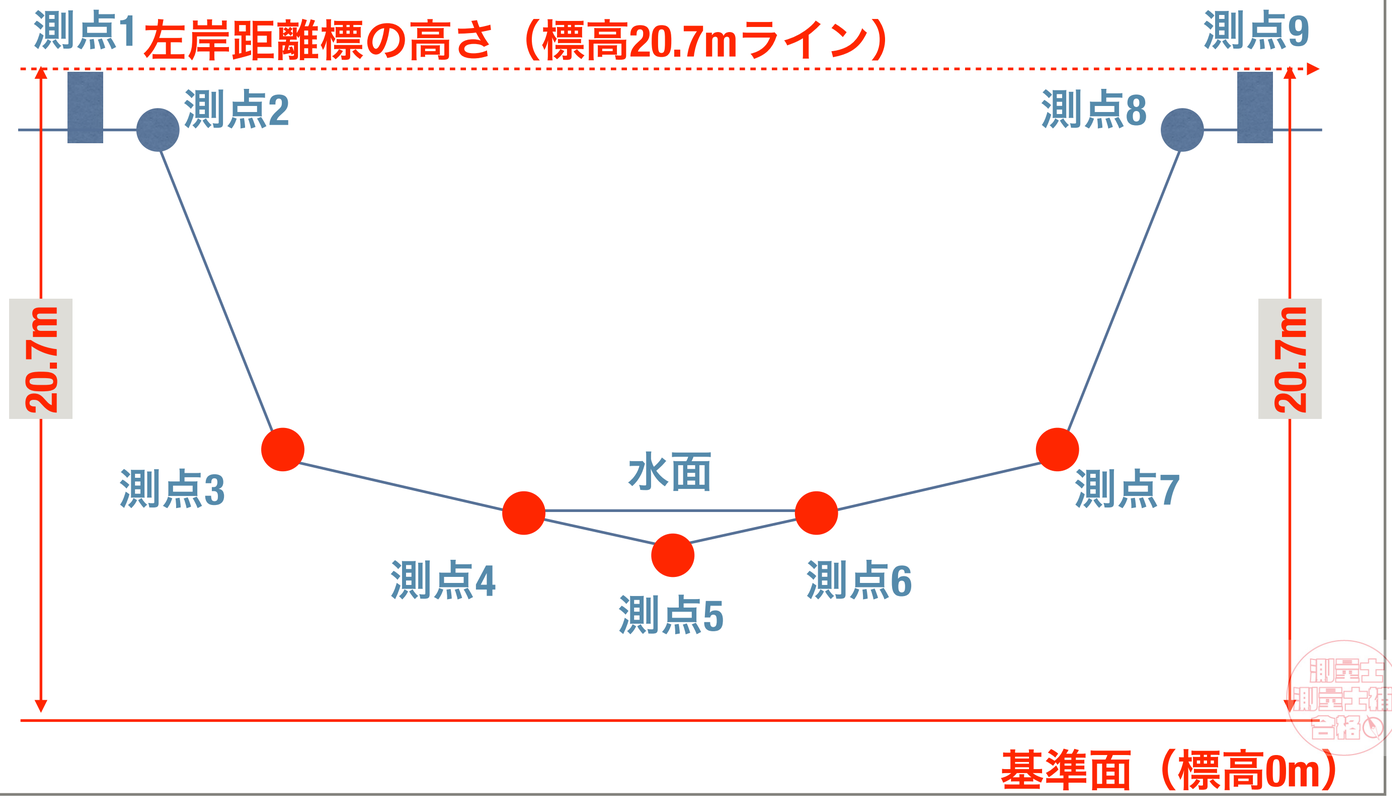
表はある河川の横断測量を行った結果である。図は横断面図でこの横断面における左岸及び右岸の距離標の標高は20.7mである。また、各測点問の勾配は一定である。この横断面の河床部における平均河床高の標高をm単位で小数第1位まで求めよ。河床部とは，左岸堤防表法尻から右岸堤防表法尻までの区間とする。

測点	距離（m）	左岸距離標からの比高(m)	測点の説明
1	0.0	0.0	左岸距離標上面の高さ
	0.0	-0.2	左岸距離標地盤の高さ
2	1.0	-0.2	左岸堤防表法肩
3	3.0	-4.7	左岸堤防表法尻
4	6.0	-6.2	水面
5	8.0	-6.7	
6	10.0	-6.2	水面
7	13.0	-4.7	右岸堤防表法尻
8	15.0	-0.2	右岸堤防表法肩
9	16.0	-0.2	右岸距離標地盤の高さ
	16.0	0.0	右岸距離標上面の高さ



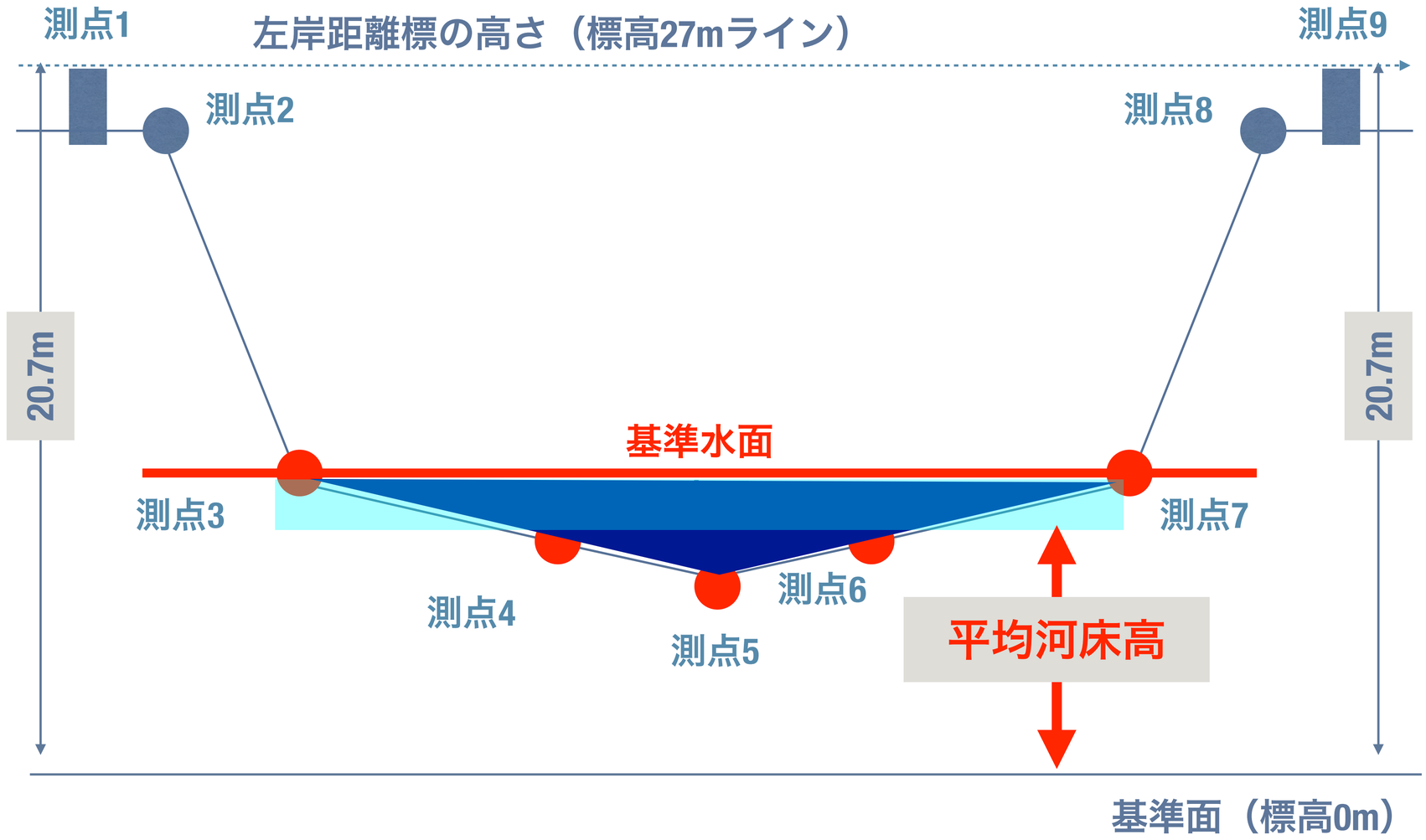
表はある河川の横断測量を行った結果である。図は横断面図でこの横断面における左岸及び右岸の距離標の標高は20.7mである。また、各測点問の勾配は一定である。この横断面の河床部における平均河床高の標高をm単位で小数第1位まで求めよ。河床部とは，左岸堤防表法尻から右岸堤防表法尻までの区間とする。

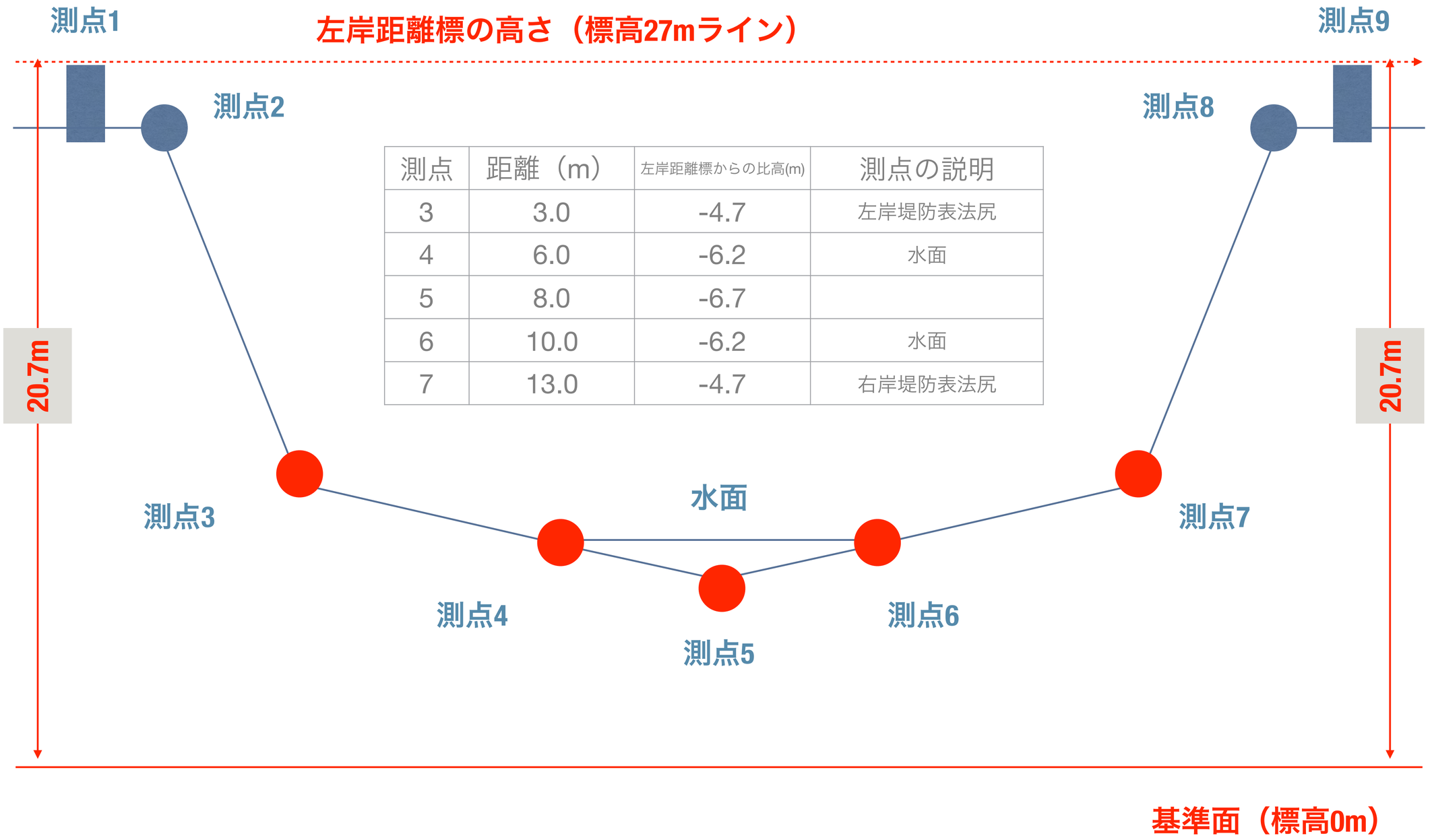
測点	距離（m）	左岸距離標からの比高(m)	測点の説明
1	0.0	0.0	左岸距離標上面の高さ
	0.0	-0.2	左岸距離標地盤の高さ
2	1.0	-0.2	左岸堤防表法肩
3	3.0	-4.7	左岸堤防表法尻
4	6.0	-6.2	水面
5	8.0	-6.7	
6	10.0	-6.2	水面
7	13.0	-4.7	右岸堤防表法尻
8	15.0	-0.2	右岸堤防表法肩
9	16.0	-0.2	右岸距離標地盤の高さ
	16.0	0.0	右岸距離標上面の高さ



平均水深

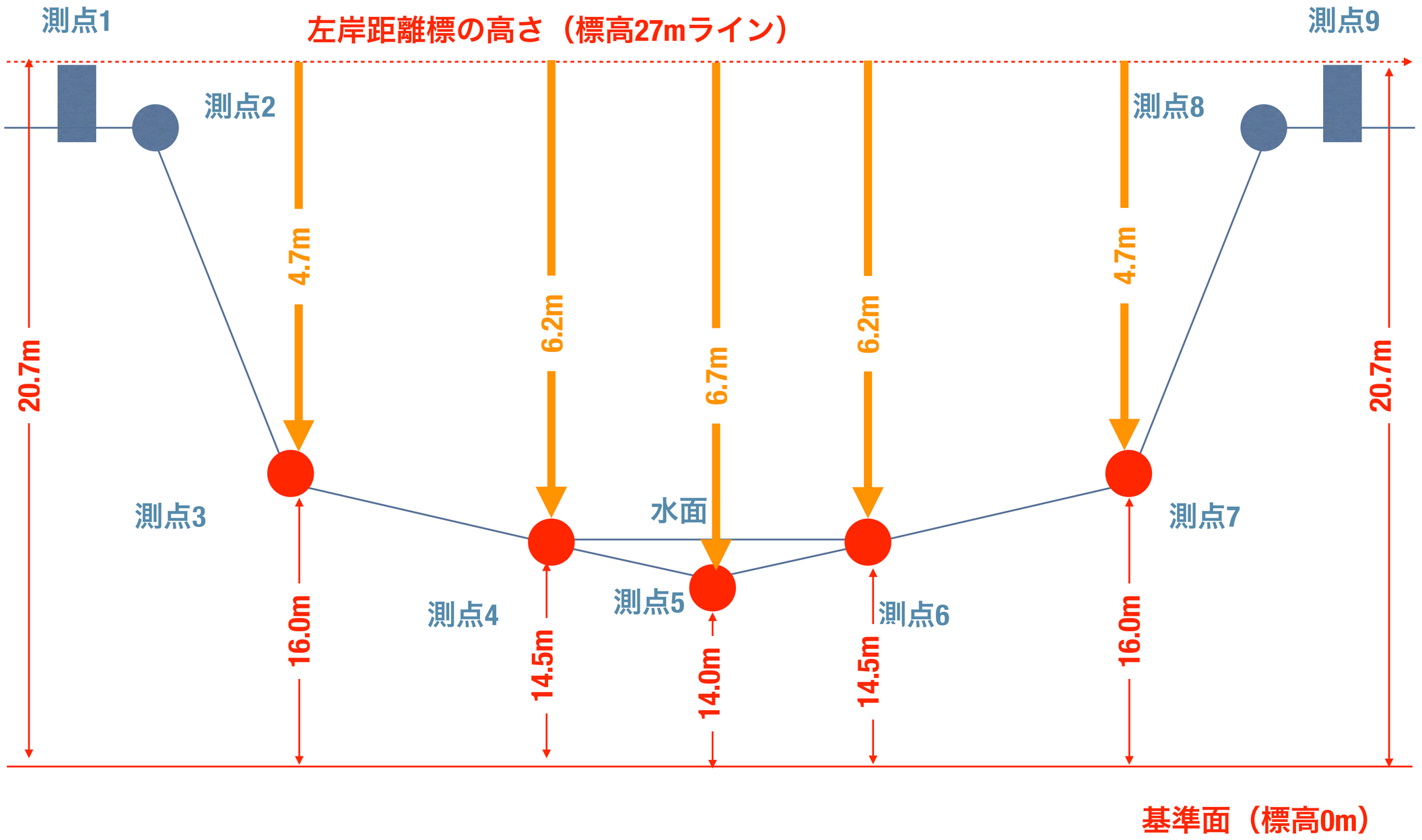
基準水面で作られた断面積を基準水面幅で割るとわかる。

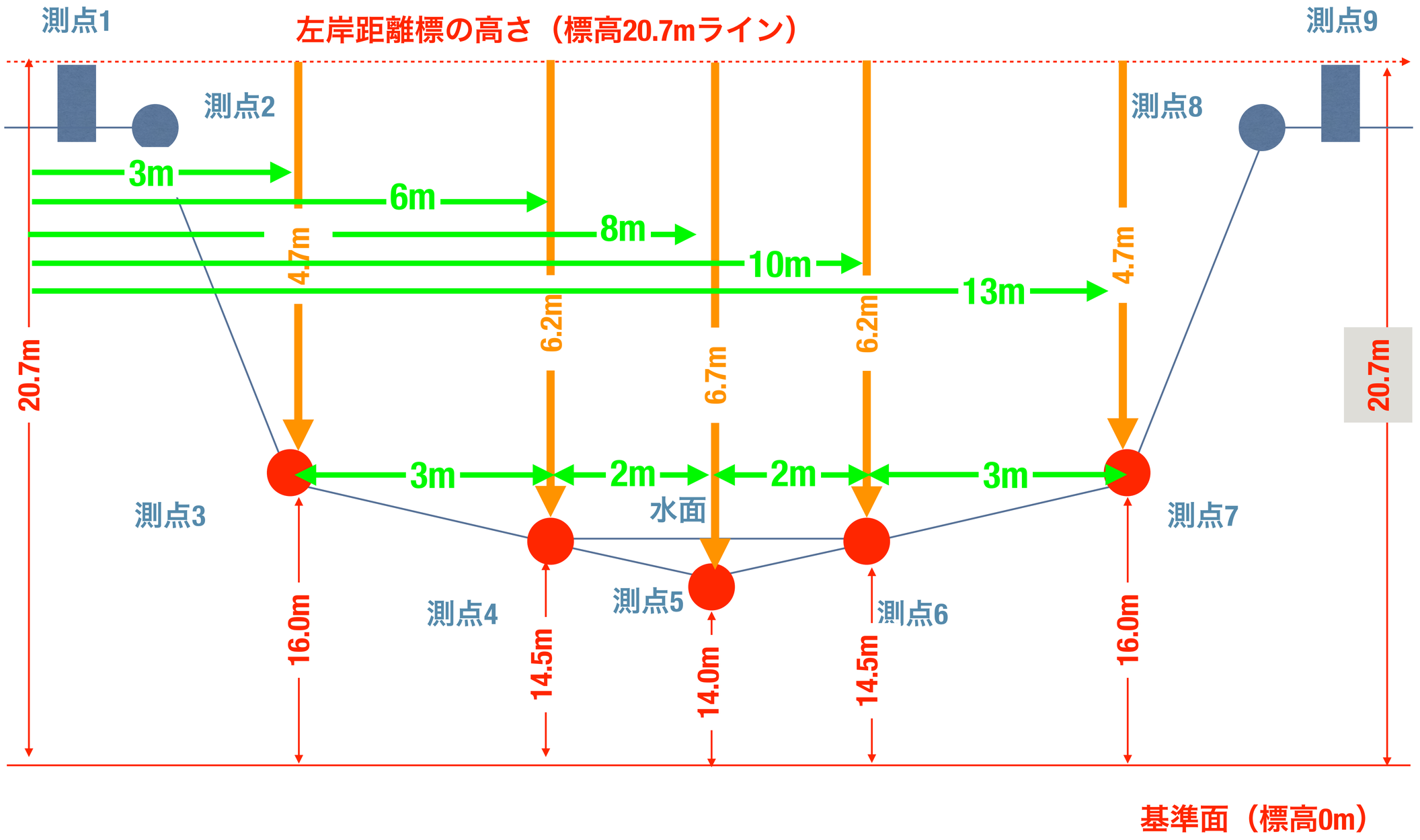


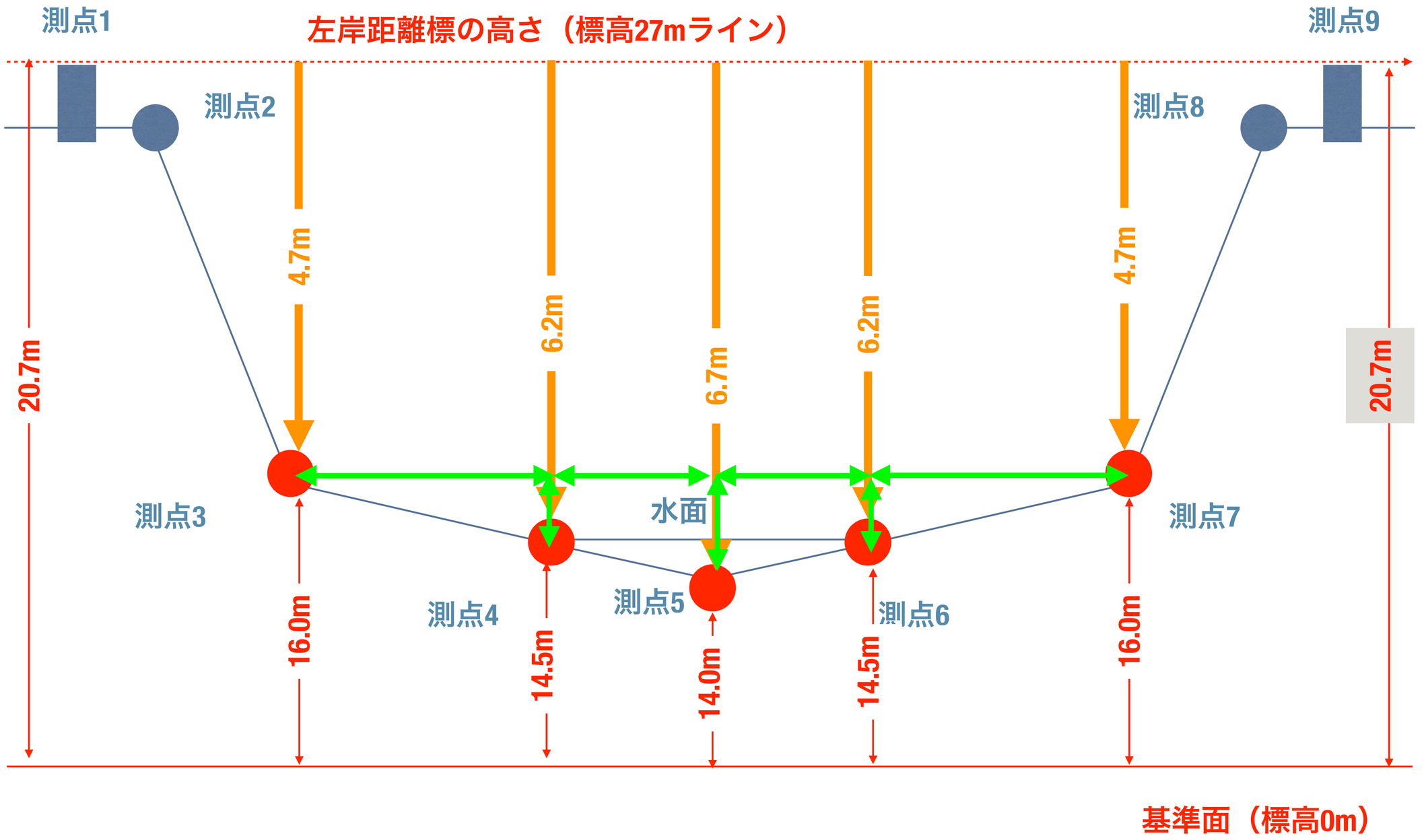


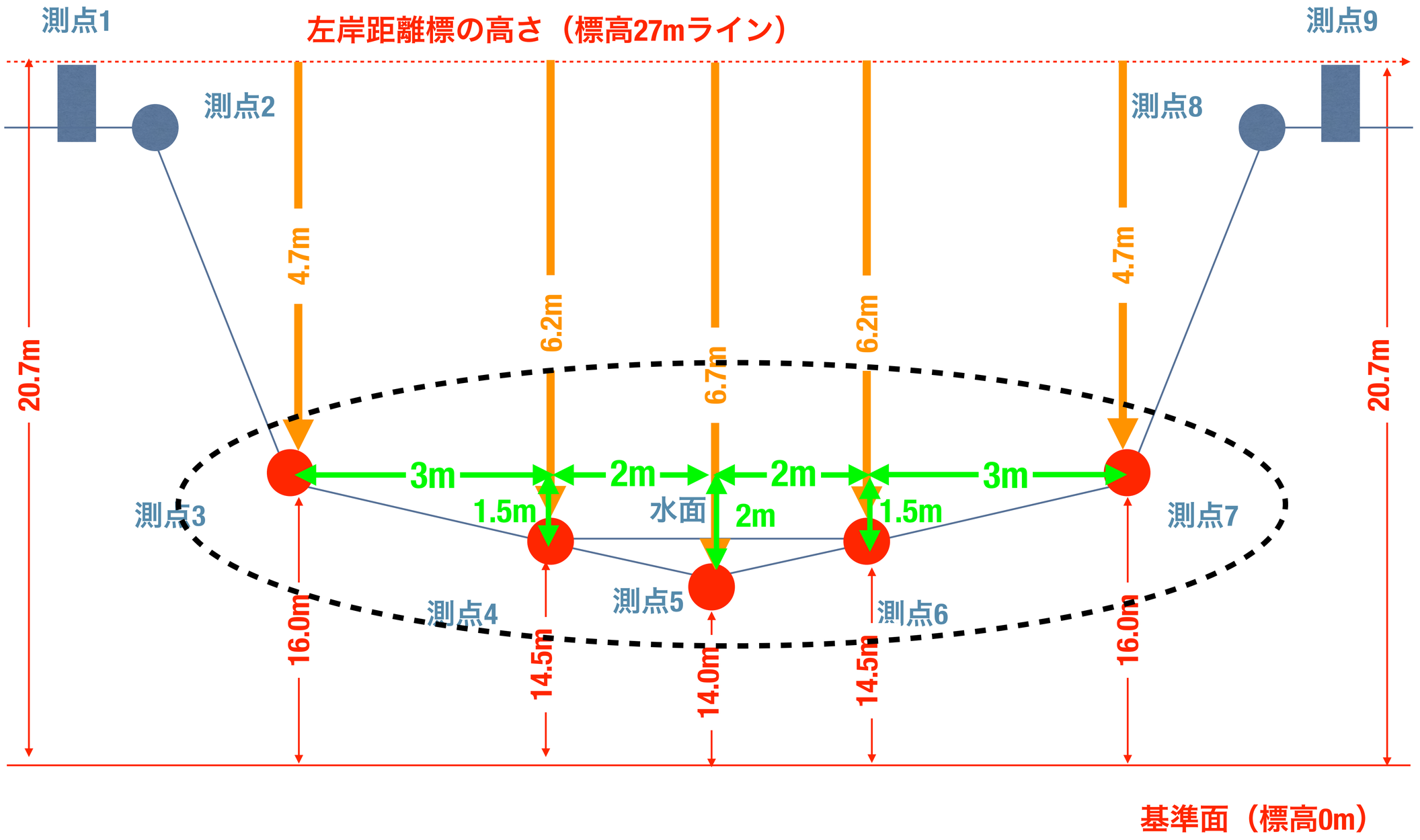
測点	距離（m）	左岸距離標からの比高(m)	測点の説明
3	3.0	-4.7	左岸堤防表法尻
4	6.0	-6.2	水面
5	8.0	-6.7	
6	10.0	-6.2	水面
7	13.0	-4.7	右岸堤防表法尻

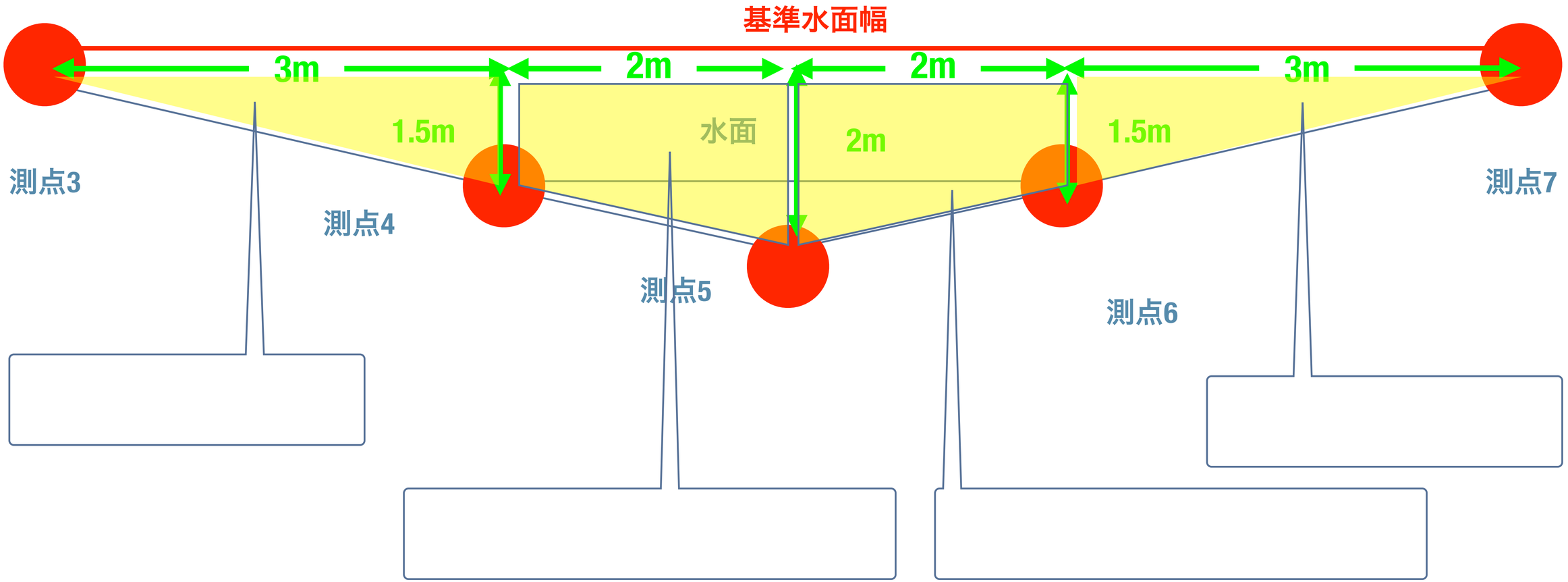
測点	距離（m）	左岸距離標からの比高(m)	測点の説明
3	3.0	-4.7	左岸堤防表法尻
4	6.0	-6.2	水面
5	8.0	-6.7	
6	10.0	-6.2	水面
7	13.0	-4.7	右岸堤防表法尻


測点1
左岸距離標の高さ（標高27mライン）
測点9
測点2
測点8
4.7m
6.2m
6.7m
6.2m
4.7m
20.7m
20.7m
測点3
水面
測点7
測点4
測点5
測点6
16.0m
14.5m
14.0m
14.5m
16.0m
基準面（標高0m）


測点1
左岸距離標の高さ（標高20.7mライン）
測点9
測点2
測点8
3m
6m
8m
10m
13m
4.7m
4.7m
6.2m
6.7m
6.2m
20.7m
20.7m
3m
2m
2m
3m
測点3
水面
測点7
測点4
測点5
測点6
16.0m
14.5m
14.0m
14.5m
16.0m
基準面（標高0m）

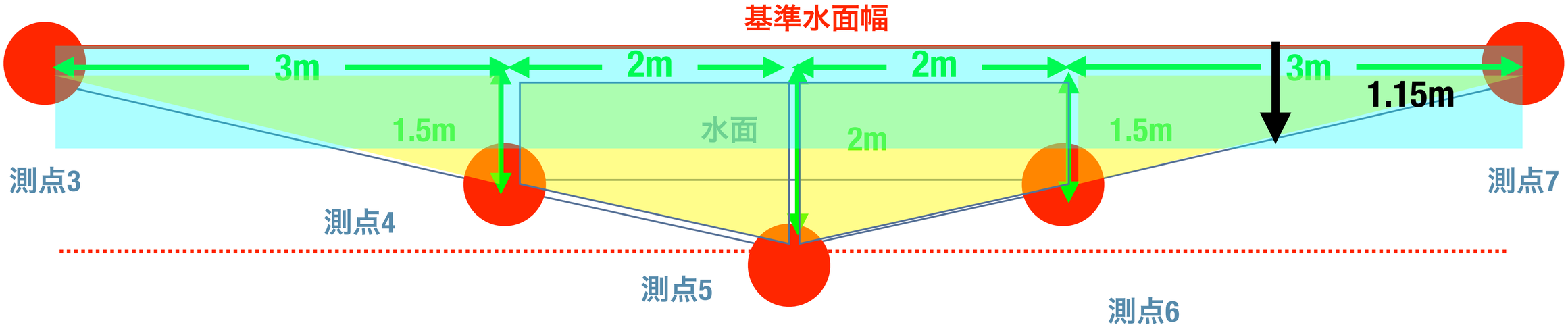

測点1
左岸距離標の高さ（標高27mライン）
測点9
測点2
測点8
4.7m
6.2m
6.7m
6.2m
4.7m
20.7m
20.7m
測点3
水面
測点7
測点4
測点5
測点6
16.0m
14.5m
14.0m
14.5m
16.0m
基準面（標高0m）


測点1
左岸距離標の高さ（標高27mライン）
測点9
測点2
測点8
4.7m
6.2m
6.7m
6.2m
4.7m
20.7m
20.7m
3m
2m
2m
3m
1.5m
水面
2m
1.5m
測点3
測点7
測点4
測点5
測点6
16.0m
14.5m
14.0m
14.5m
16.0m
基準面（標高0m）



面積　A＝

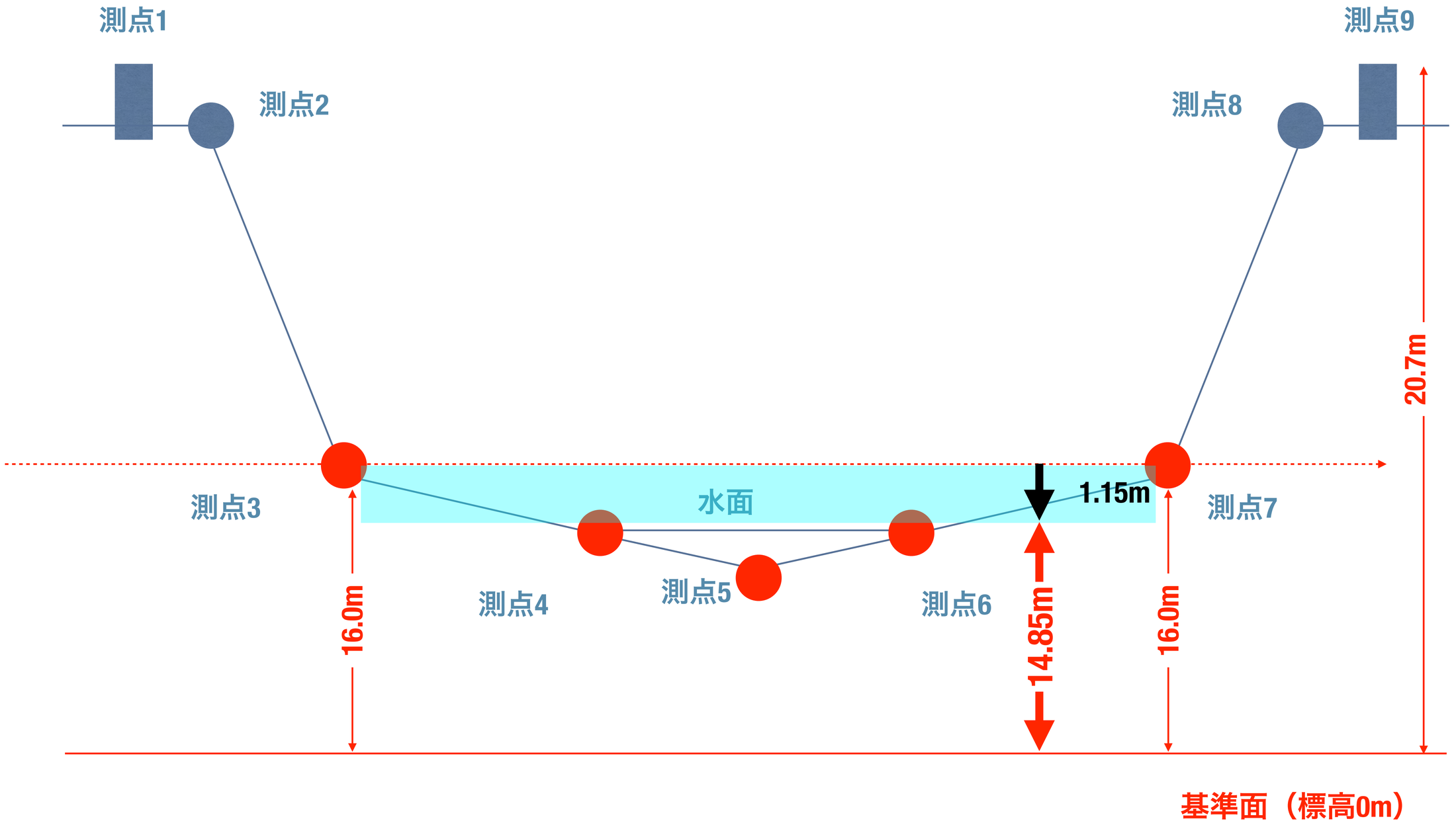
基準水面幅　b＝



面積　A＝2.25+3.5+3.5+2.25=11.5m²

基準水面幅　b＝3+2+2+3=10m

基準水平面からの平均水深


測点1
測点2
測点9
測点8
測点3
水面
1.15m
測点7
測点4
測点5
測点6
16.0m
14.85m
16.0m
20.7m
基準面（標高0m）