

メルカトル図法には手を出すな！ ～GISコミュニティフォーラムエディション～

ESRIジャパン株式会社
羽田 康祐

アジェンダ



メルカトル図法



- メルカトル図法 **特徴**
- メルカトル図法 **説明方法**
- メルカトル図法 **地図投影**
- メルカトル図法 **地図の要素**
- メルカトル図法 **正角図法** 正積図法
- メルカトル図法 **角度**
- メルカトル図法 **方位**
- メルカトル図法 **主題図**
- メルカトル図法 **ArcGIS**
- メルカトル図法 **Webメルカトル** 違い

☐

私はロボットではありません

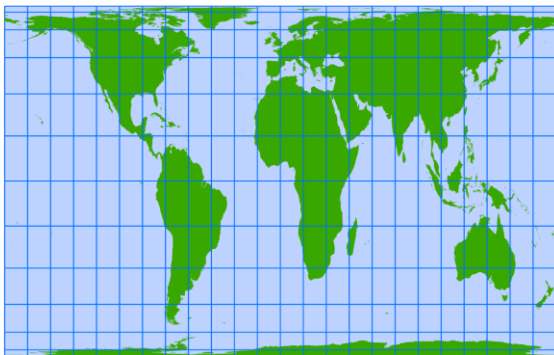


EARTH
Privacy-Terms

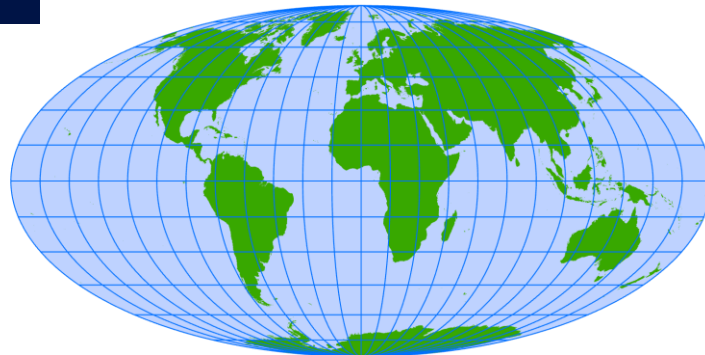
メルカトル図法の画像をすべて選択してください。
何も表示されていない場合は、[スキップ] をクリックしてください。



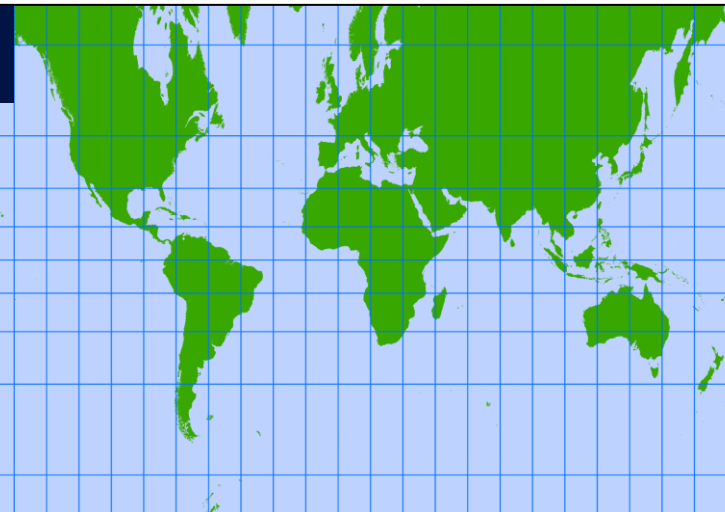
1



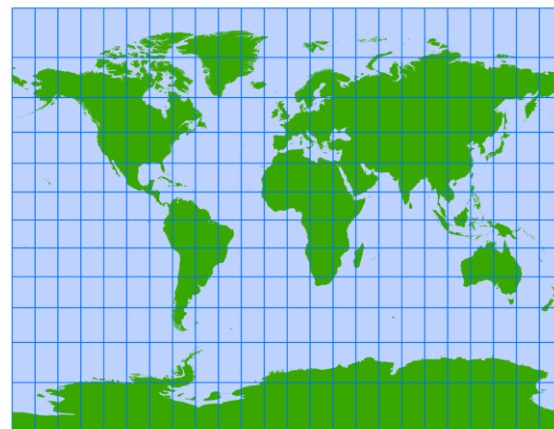
2



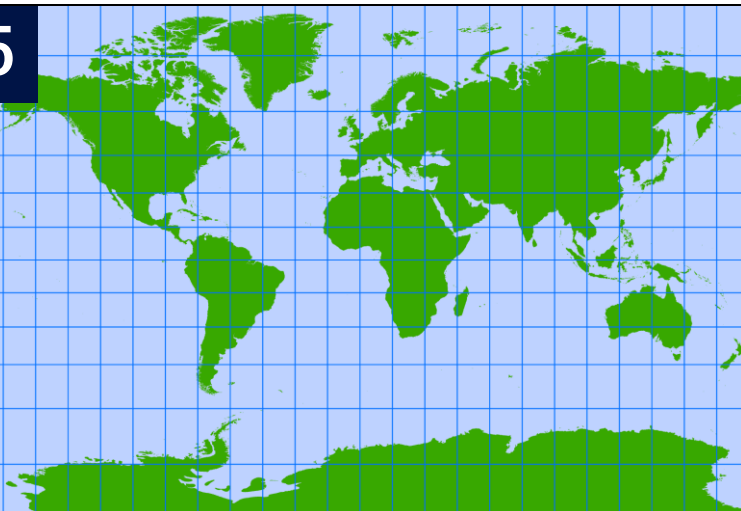
3



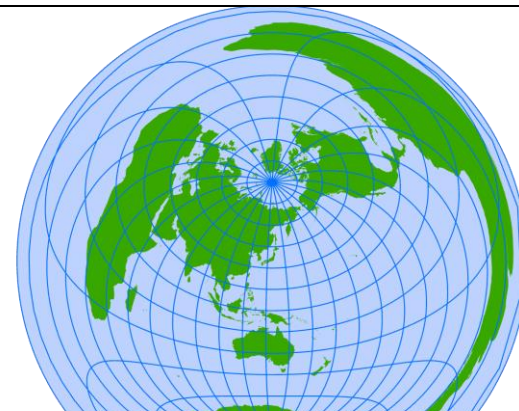
4



5

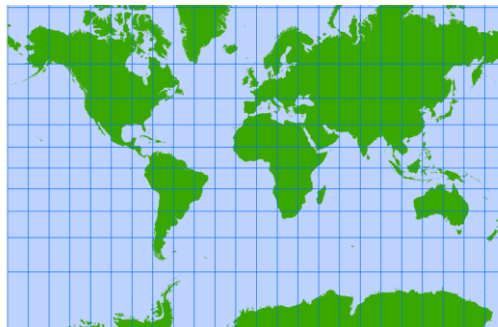


6



スキップ

正解は スキップ



1



2



3



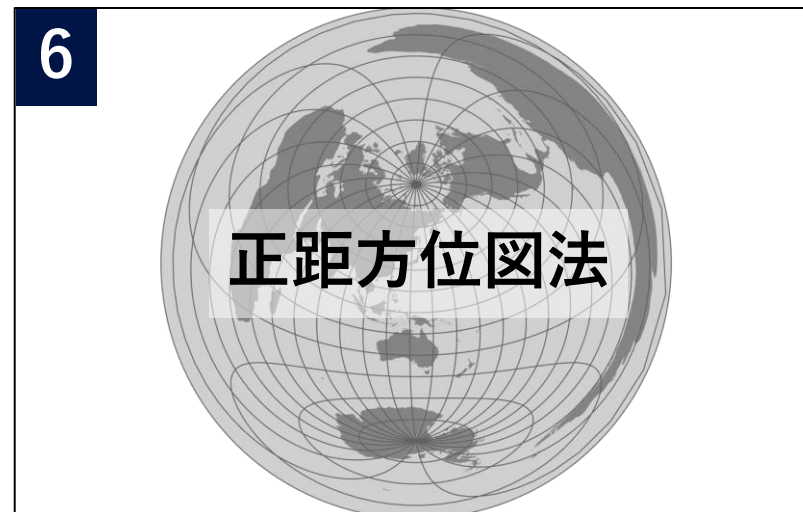
4



5

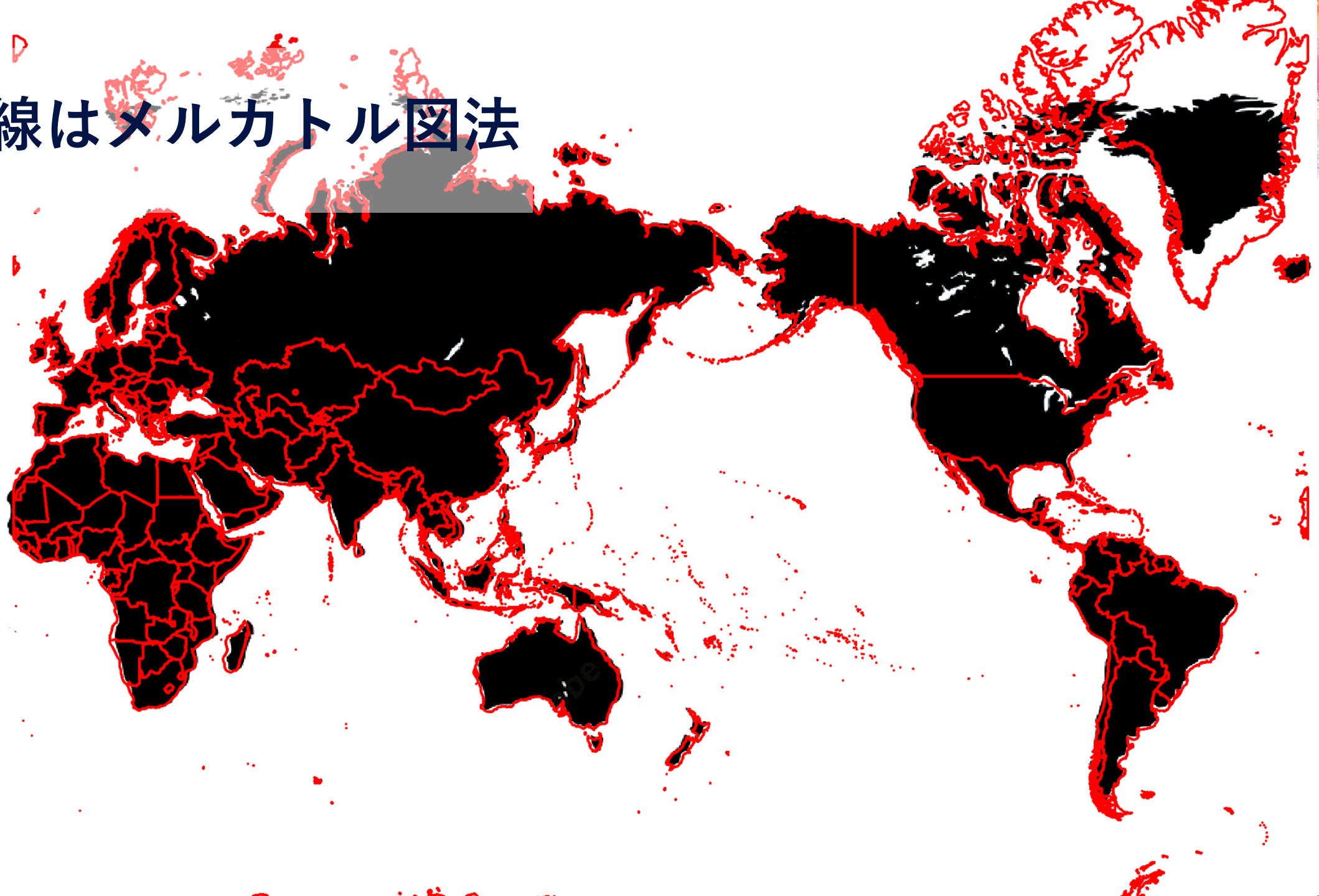


6

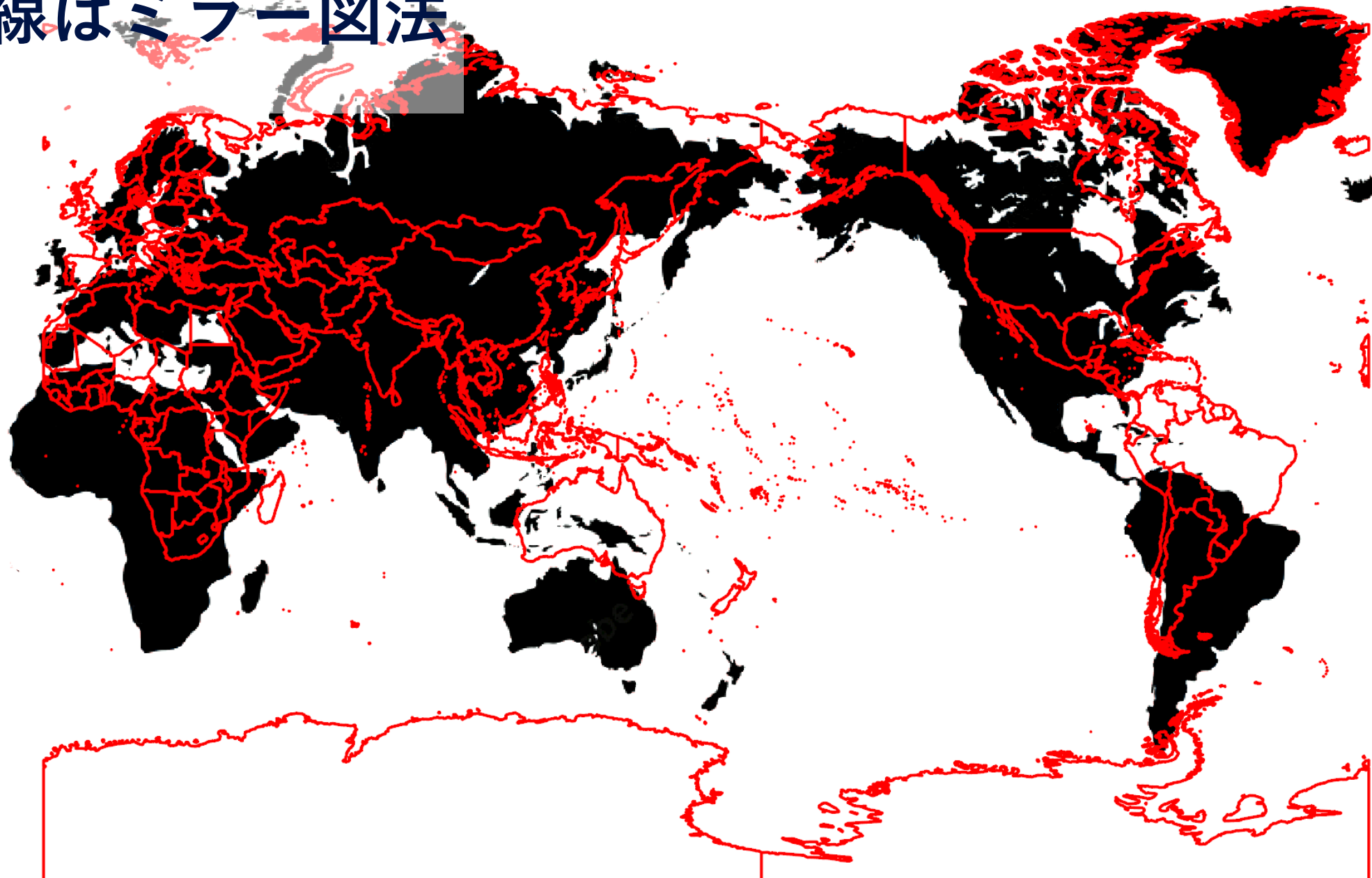




赤線はメルカトル図法



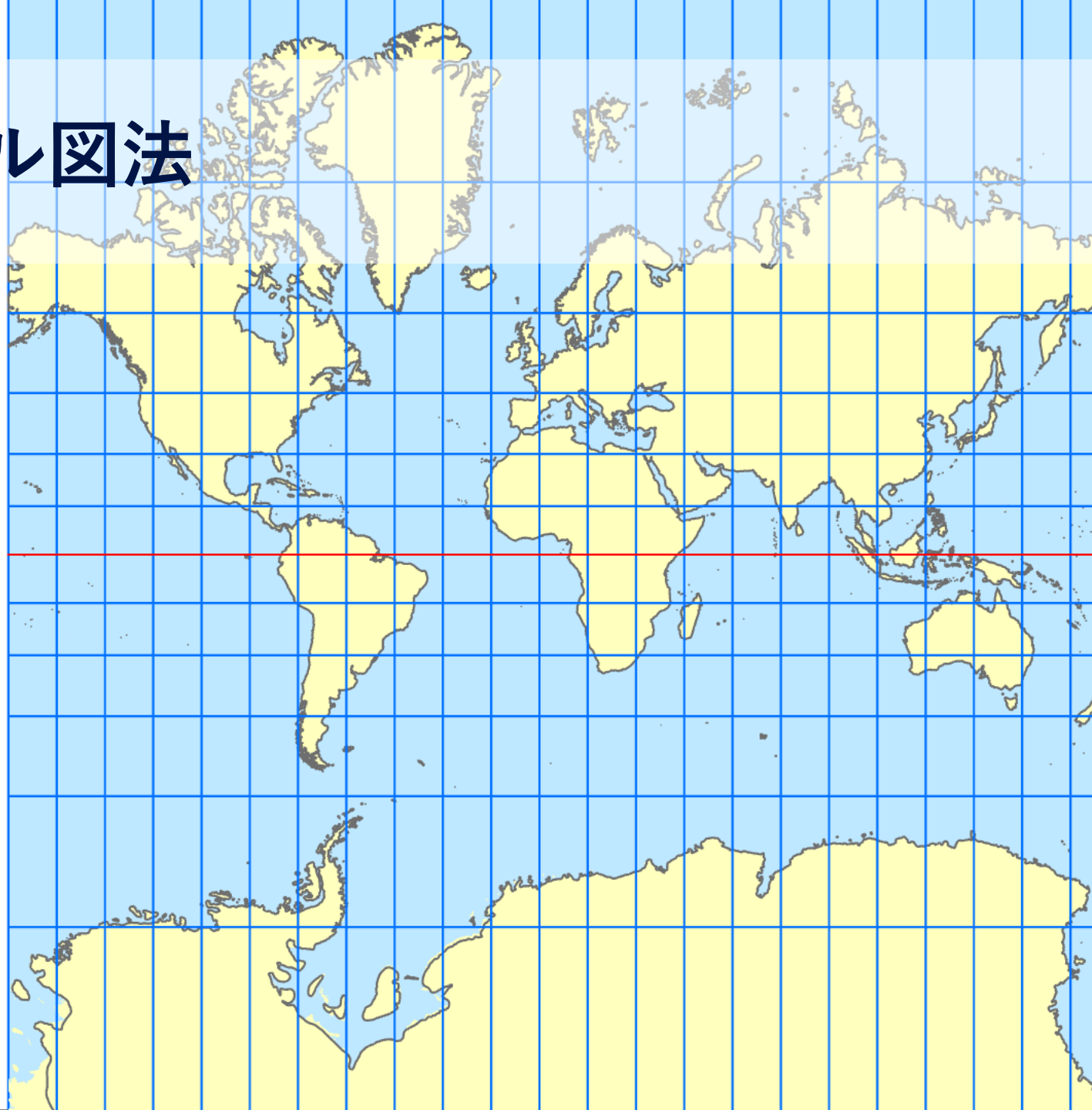
赤線はミラー図法



この地図投影法の名前は不明

「メルカトル図法」と称して紹介される
地図がメルカトル図法でない場合は多い

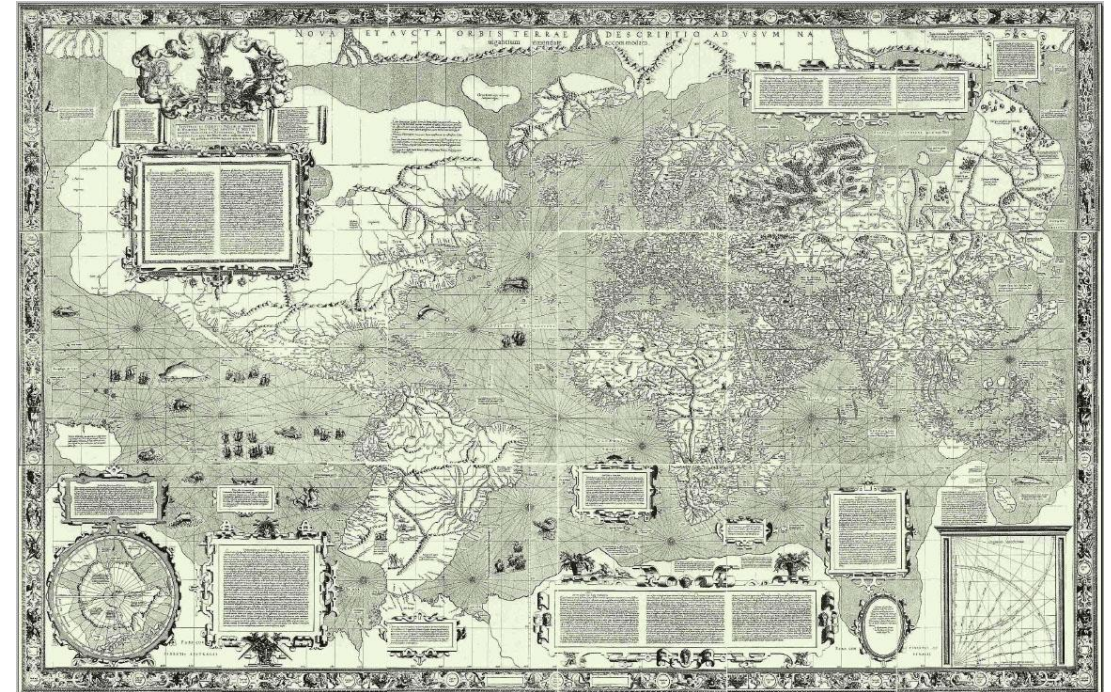
メルカトル図法



メルカトル図法



- 現在のベルギー出身のゲラルドゥス・メルカトルが1569年に出版した世界地図に用いられた
- 正角円筒図法
- 地図上のどこでも航程線 (rhumbline ; 等角航路*) が直線で描ける唯一の地図投影法
- 「海図」の地図投影法として現在も使用されている
 - ただし、世界地図で航海している訳ではない



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mercator_1569.png

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerardus_Mercator.jpg

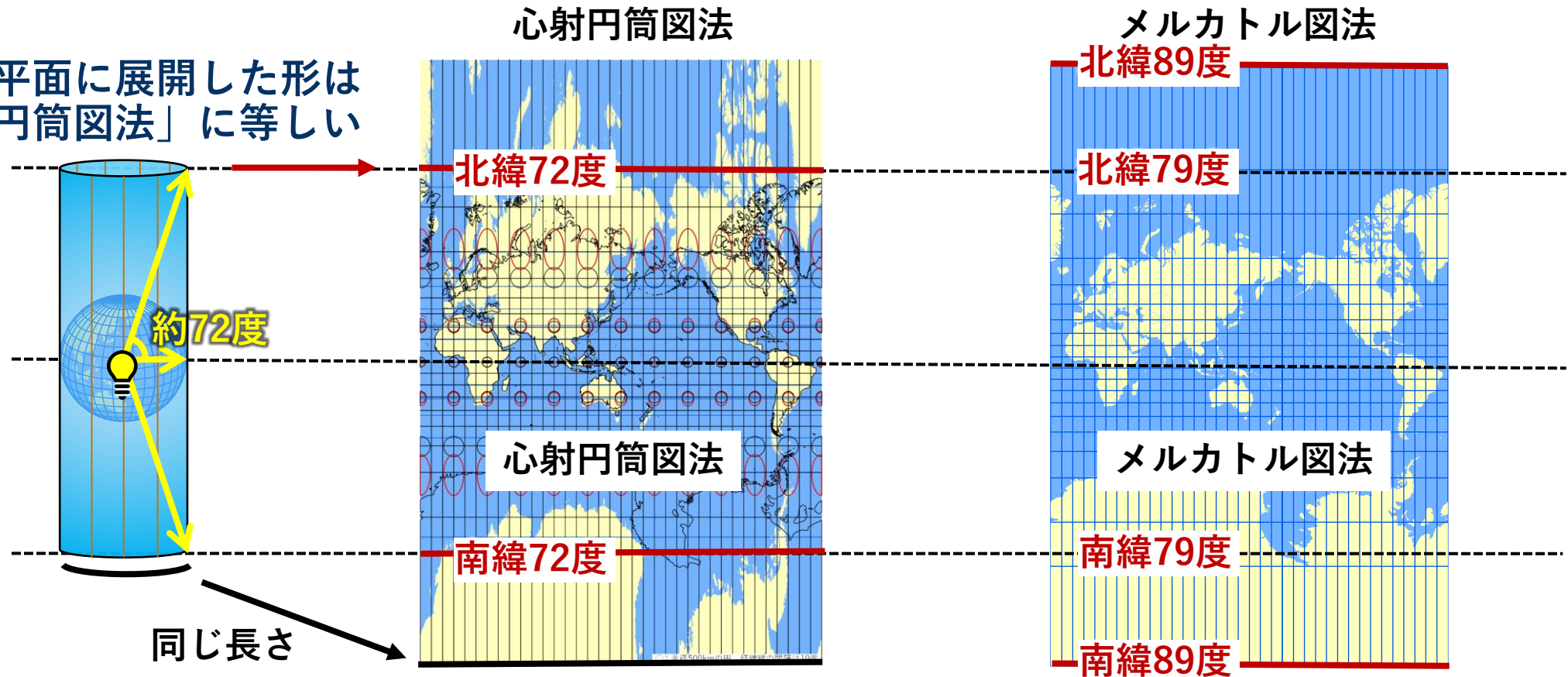
* 20世紀終盤に学術分野で地図学用語が審議され、「等角図法」「等角航路」は廃止するように定められたが、高校地理の教科書では「等角図法」は「正角図法」に置き換えられた一方、「航程線」は現在でも「等角航路」として説明されている。

わかりやすい「間違った」説明



メルカトル図法は地球に円筒をかぶせて中心から光をあてた影

- 円筒を平面に展開した形は「心射円筒図法」に等しい



地図投影

- 地理座標（緯度経度）を直交座標（数学のXY）に置き換える手法

- 緯度経度（地理座標）：角度
- 直交座標（投影座標）：距離

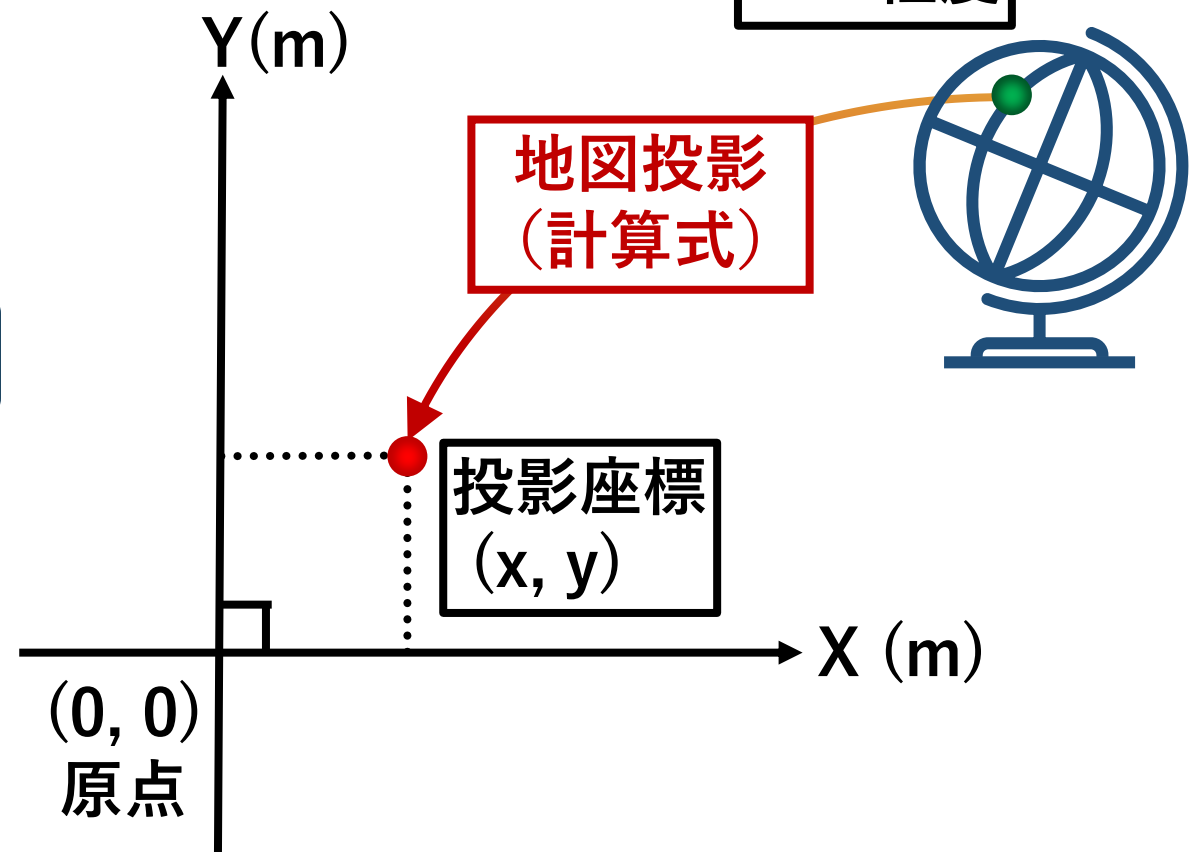
- メルカトル図法の数式

$$x = R \lambda$$

$$y = R \ln \left(\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \right)$$

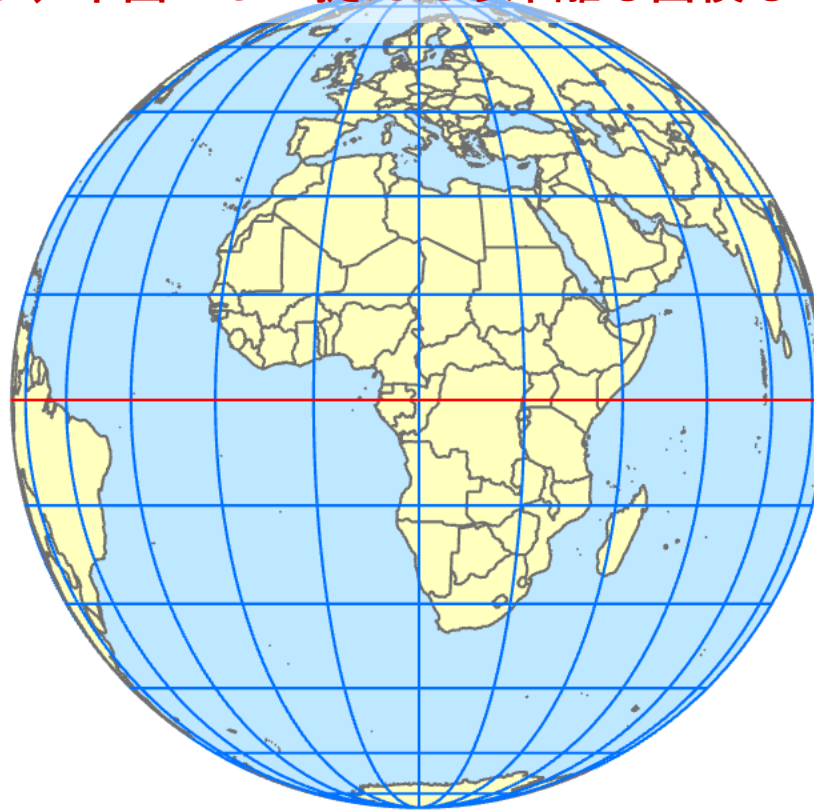
- R =半径、 λ = 経度、 ϕ = 緯度

tanがあるから極(90°)は示せない



無限の彼方から眺めた地球

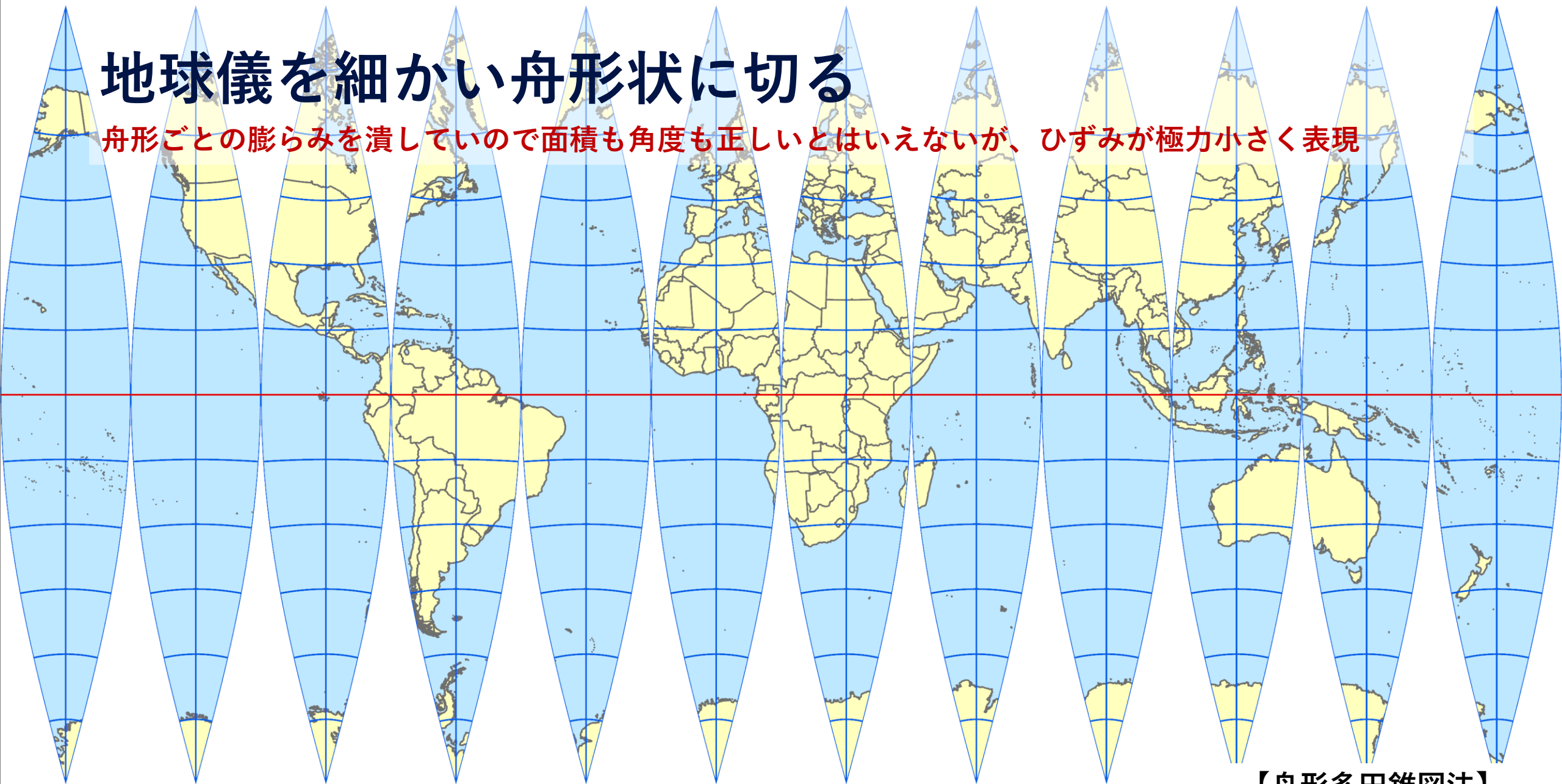
立体として捉えたら正しい姿だが、平面として捉えたら距離も面積も正しくない



【正射図法】

地球儀を細かい舟形状に切る

舟形ごとの膨らみを潰してあるので面積も角度も正しいとはいえないが、ひずみが極力小さく表現



【舟形多円錐図法】

隙間を埋めると東西に引き伸ばされる

面積や角度のひずみは舟形多円錐図法よりも大きくなった



【正方形図法】 【正距円筒図法】

東西に引き伸ばした分を南北にも引き伸ばす

(狭い範囲で) 縦横の伸縮率が同じ = 形が正しい = 角度が正しい

【メルカトル図法】



そもそも

角度・方位が正しいってどういうこと？

地図の要素

距離

面積

角度

角度が正しいとは
どういうこと？

方位

方位と角度は何が
違うの？

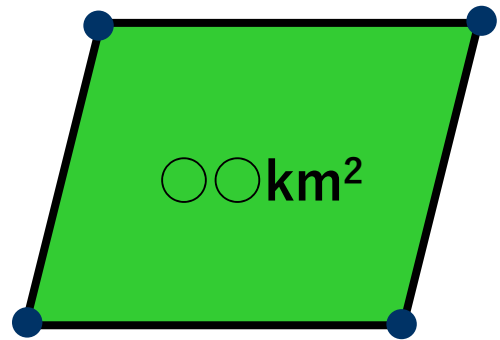
地図の要素

距離



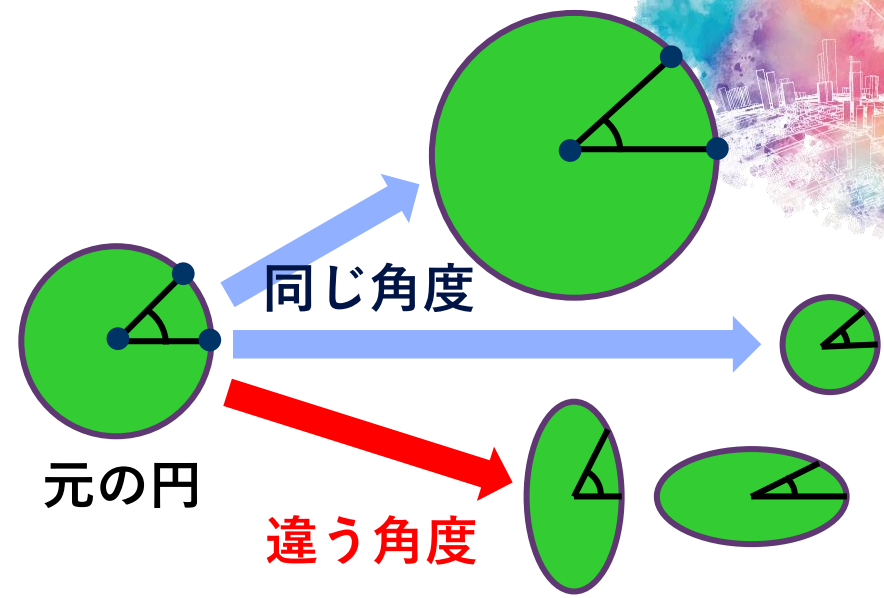
最短距離

面積



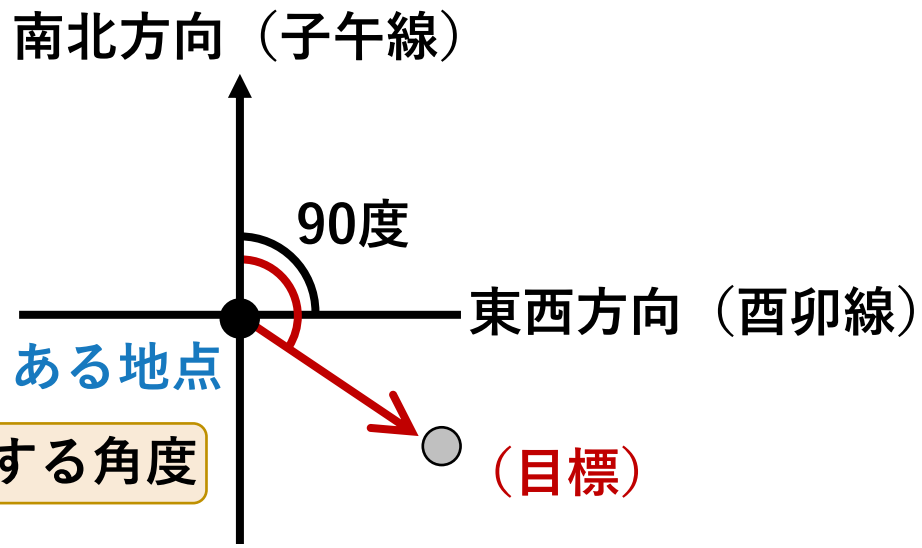
地球の表面積

角度



角度が正しい = (狭い範囲の) 形が正しい

方位

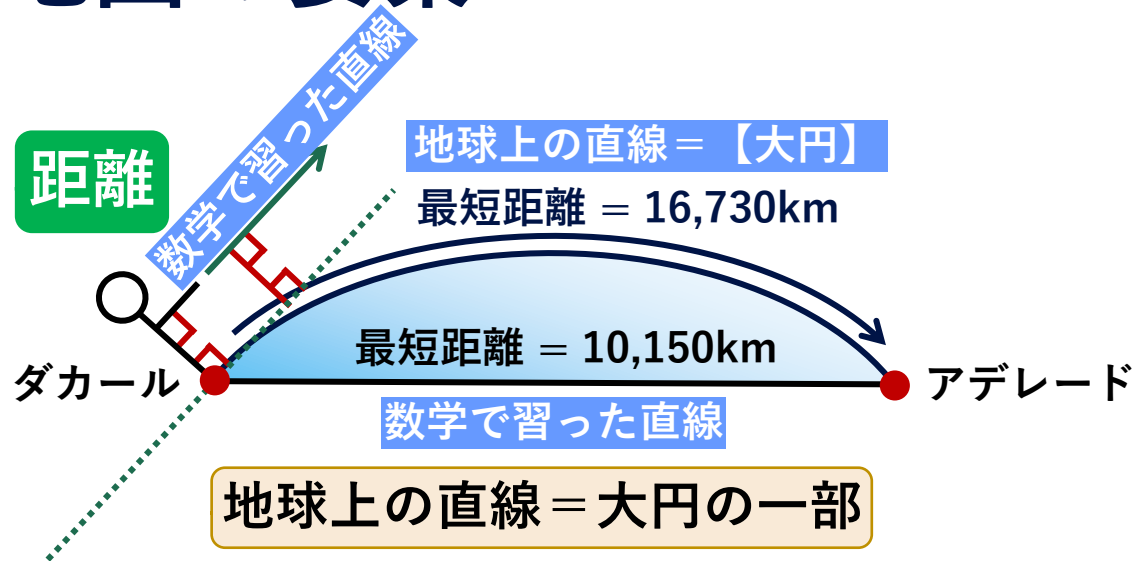


子午線に対する角度

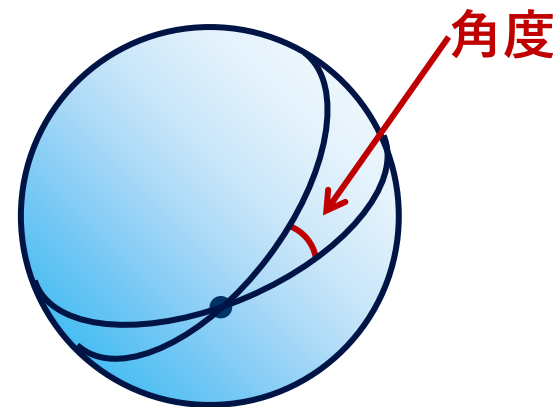
地図の要素

地球(儀)で考える

距離

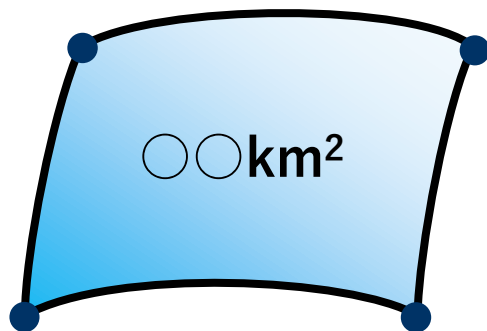


角度



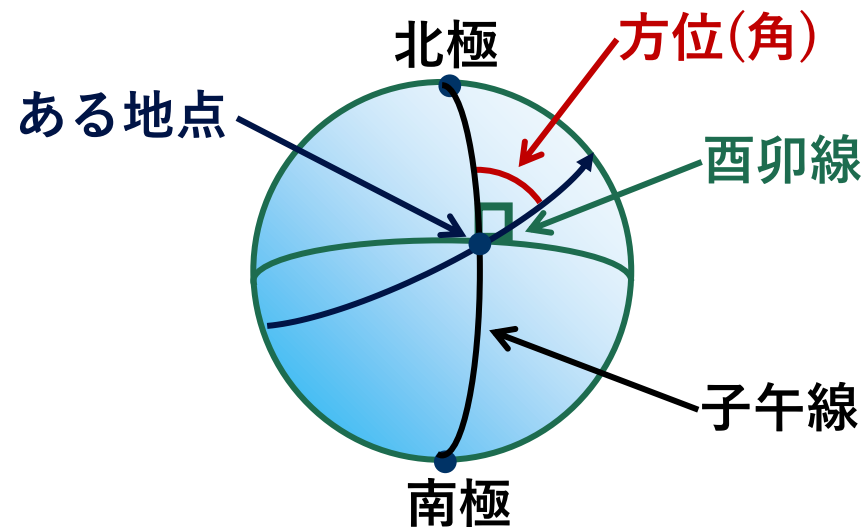
2つの大円が交わる角の大きさ

面積



地球の表面上の面積

方位



ある地点における子午線に対する角の大きさ



【正角図法】

地球上で描いた円の形が地図上でも円として維持できる図法



赤い円：半径1,000km

ランベルト正角円錐図法【正角】

標準緯線：北緯30度



赤い円：半径1,000km



等角航路が直線で描けるやつでしょ

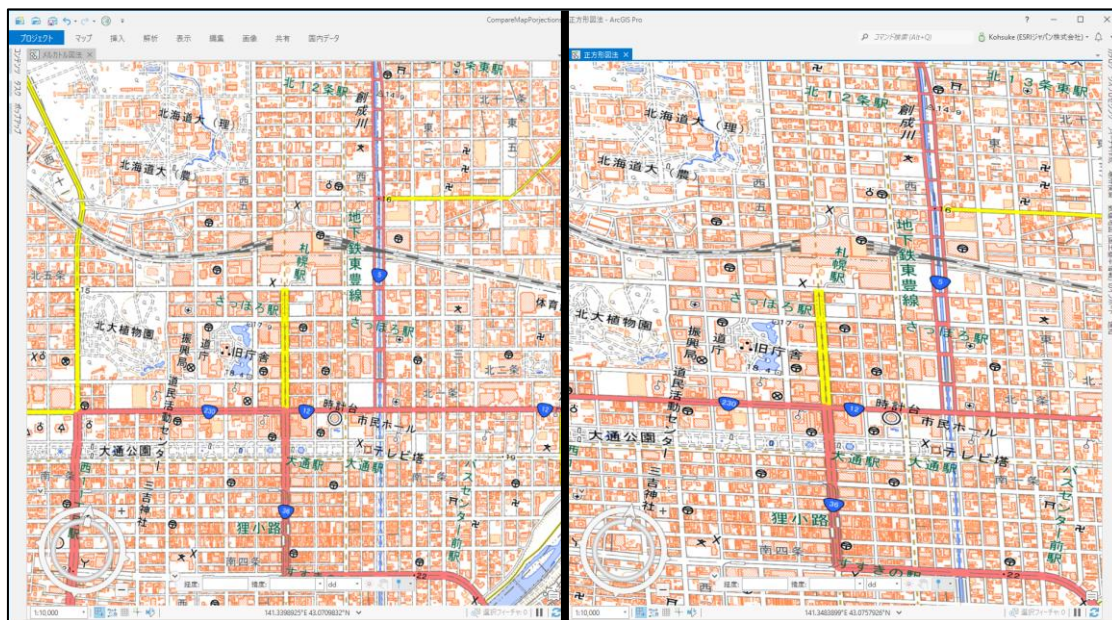
角度が正しいと何のメリットがあるの？



正角図法の利点

狭い範囲で形が正しい

- 直角の交差点が直角で示せる

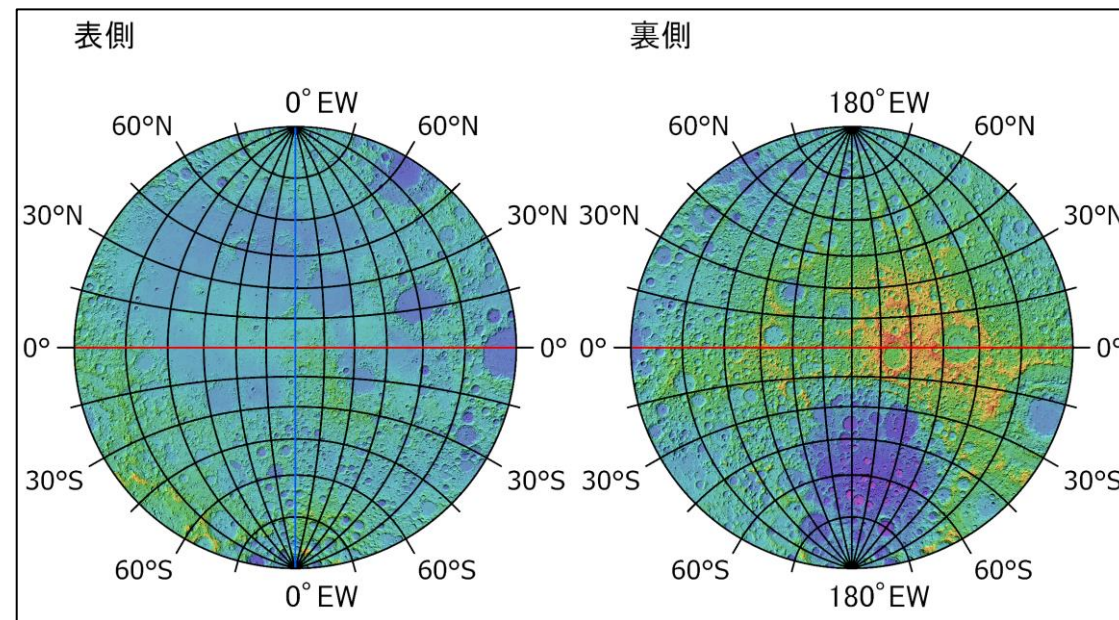


札幌市の街区の比較

左：メルカトル図法【正角】

右：正方形図法

- 丸いクレーターが丸く表現できる



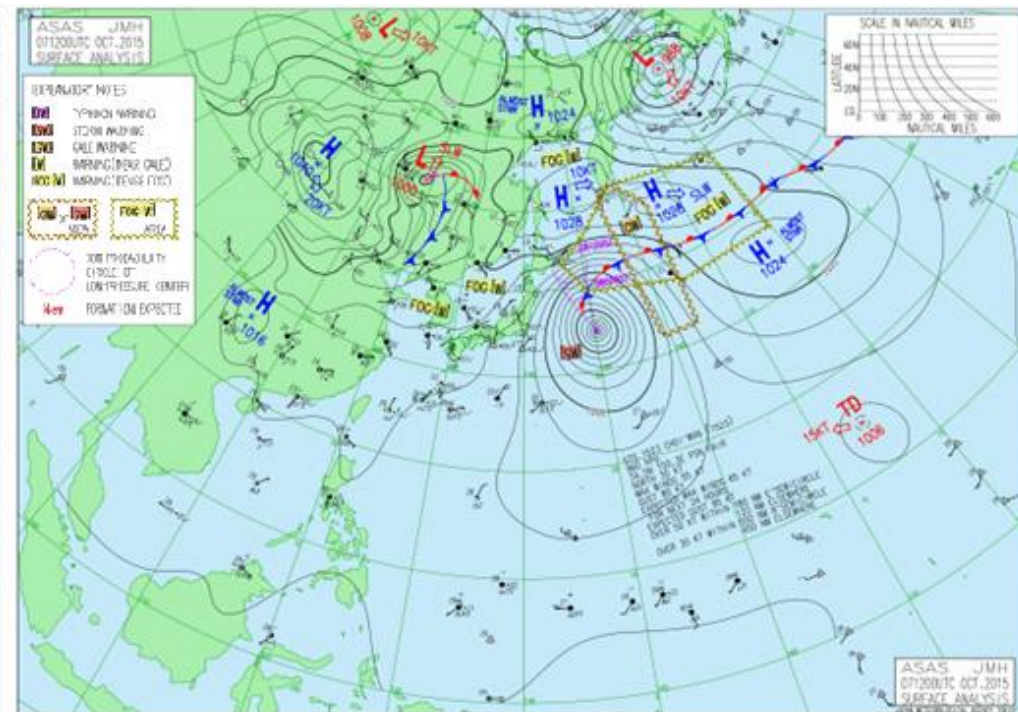
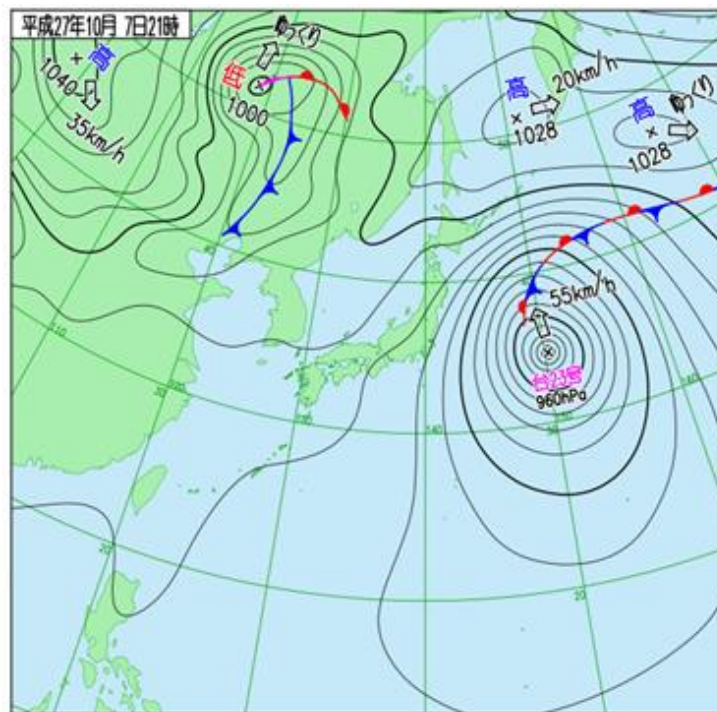
月の標高起伏

平射図法【正角】

正角図法の利点

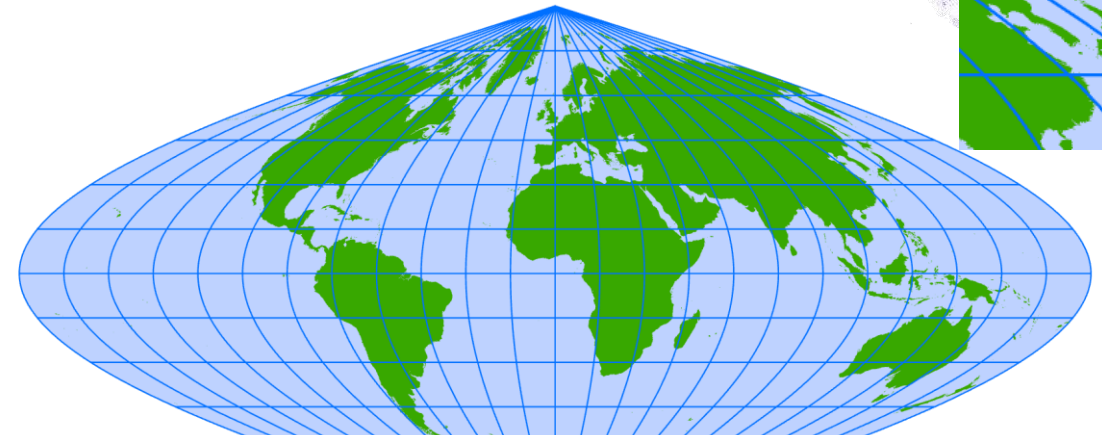
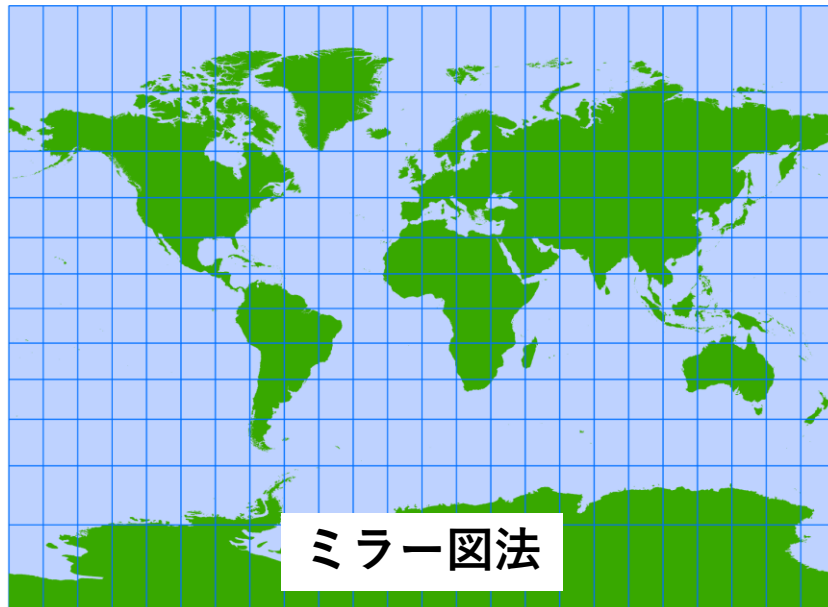
地図上のどこでも角度が正しい

- 天気図は【ランベルト正角円錐図法】
 - 地図上で南北の方向（経線）に対する角度はどこでも正しい
 - 風向を表現するのに適す

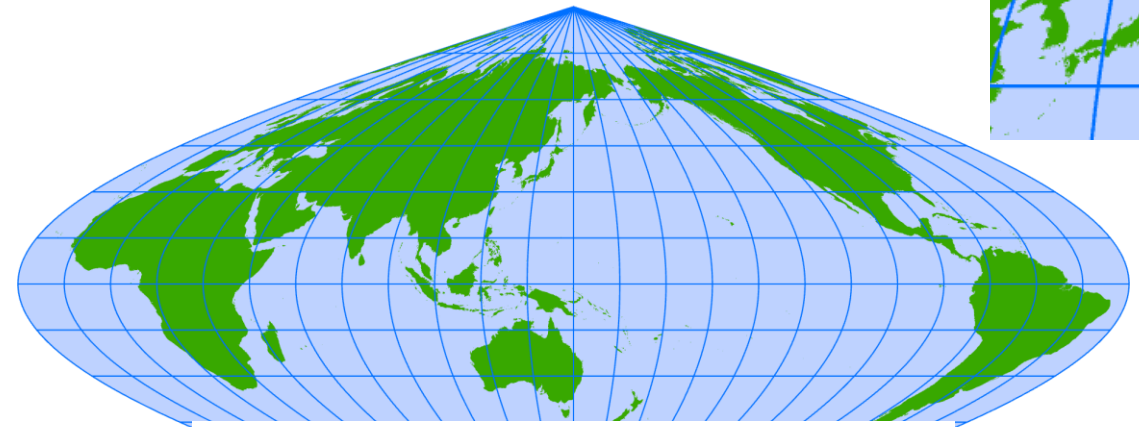


円筒図法の利点

- 経線が平行
 - 時差の分布などを確認するのに適す
- 東西端で接合できる
 - 中央子午線を変えても陸の形が同じ



サンソン図法（経度0度中心）



サンソン図法（東経150度中心）

円筒図法の利点

- 緯線が平行
 - 気候の分布などを示すのに適す
- 実際は緯線が平行な擬円筒図法が多用される



メルカトル図法の特徴

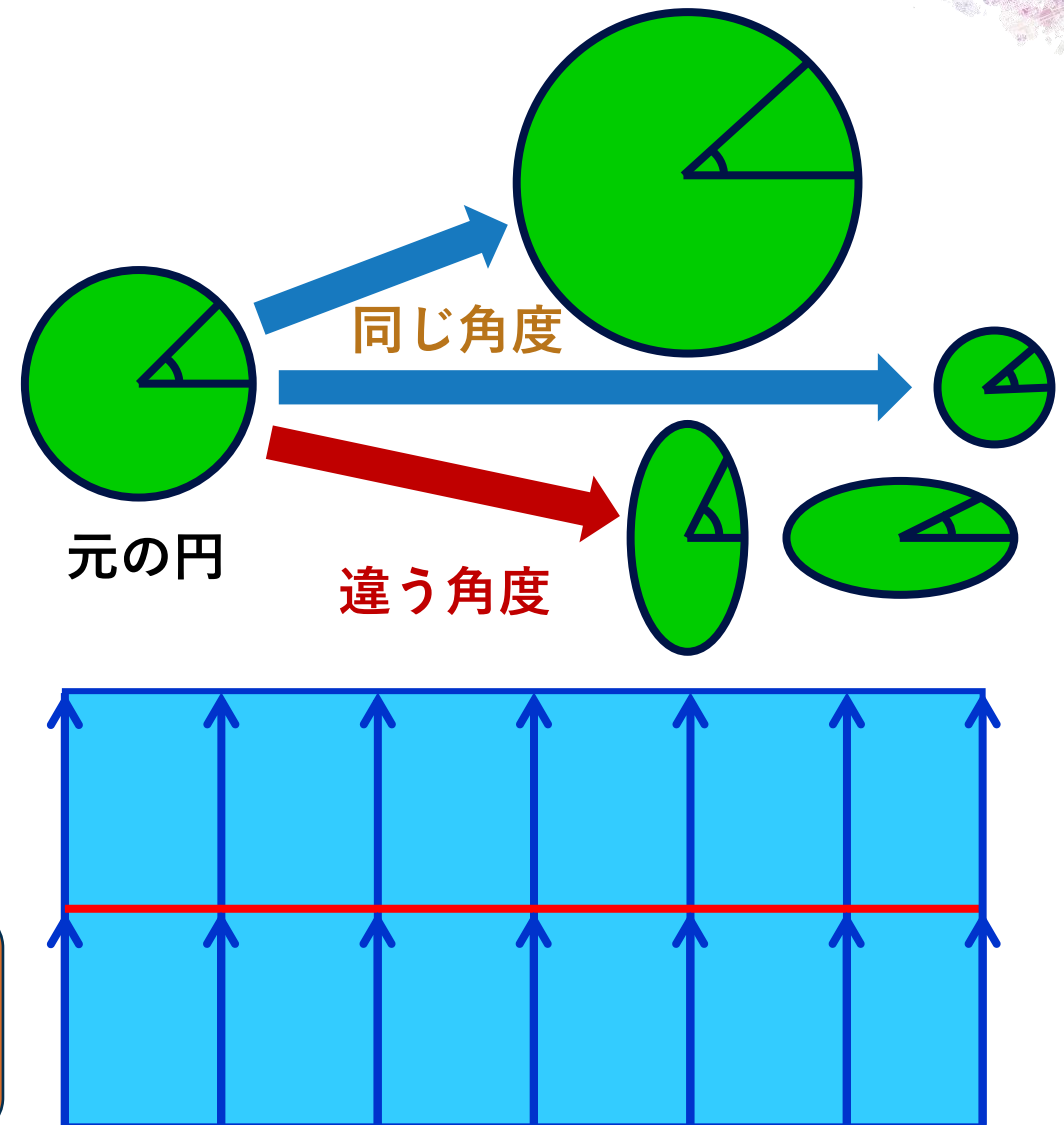
正角図法

- 地図上のどこでも角度が正しい
- (狭い範囲で)形が正しい

円筒図法

- 緯線・経線が平行で直角に交わる
- 南北の方位は一定だが、それ以外の方位は正しくない

航程線（等角航路）を地図上どこでも直線で描くには2つの条件が必要





メルカトル図法の短所

面積が正しくない

- 特に高緯度ほど顕著に面積が誇張される
- 地球儀と比較して縮尺が正しくない *
- 世界地図のような小縮尺の分布図には適さない

* 縮尺を計算する基準となる緯度（基準縮尺）を変更すれば、その緯度における縮尺は正しいといえるが、一般的に基準縮尺は赤道が設定されているため、高緯度ほど縮尺の誤差は大きくなる。

方位が正しくない

- 「方位」と「角度」は似て非なるもの
- 方位が一定なのは南北方向のみ
- 緯線は方位を測る基準の線ではない（緯線は小円）



面積が正しくないことの難点

そんなことはありません

メルカトル図法は分布の誤解を与える

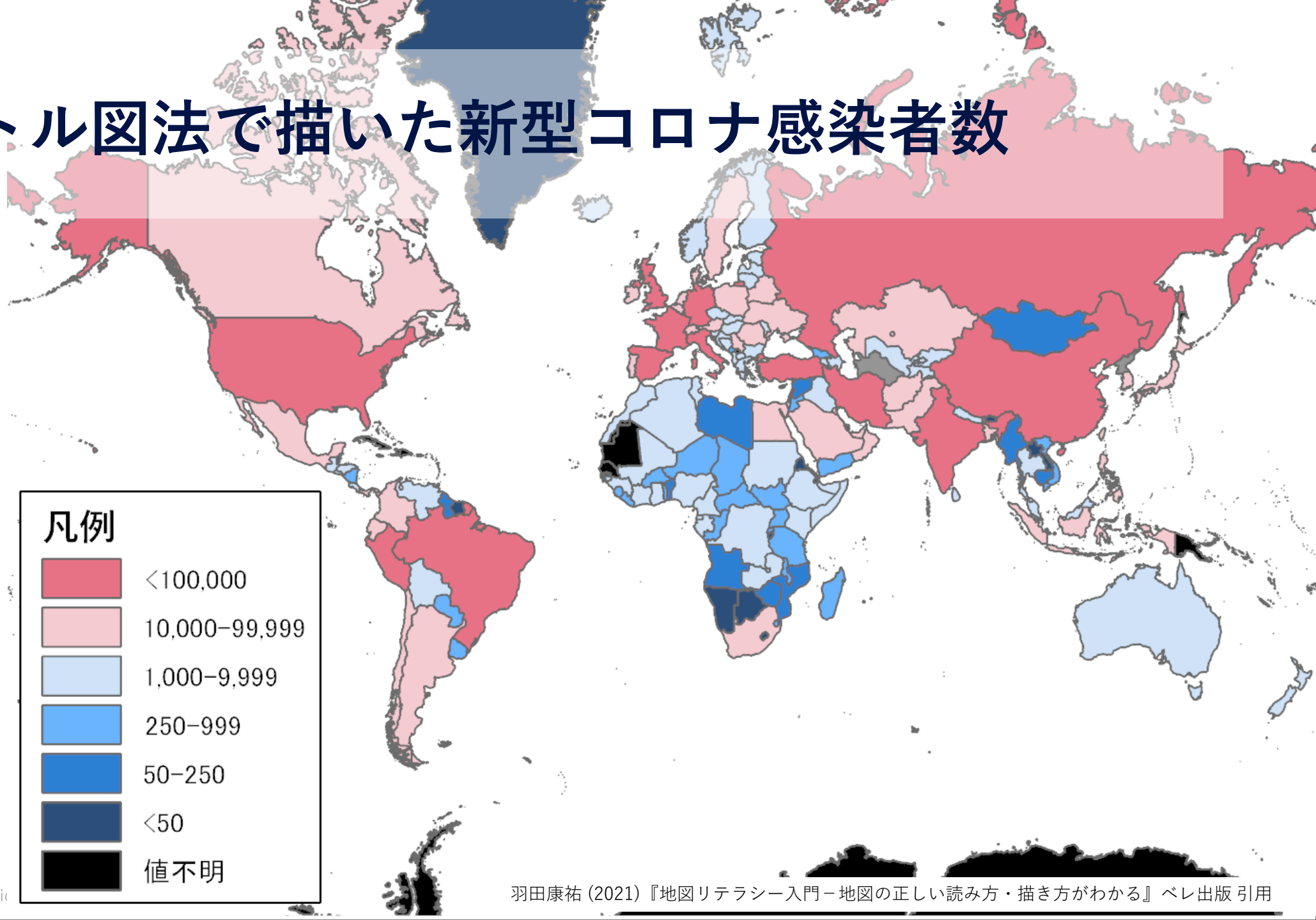
点の分布では、密度が小さくなると、実際より少ない印象を与える

塗り分け図（コロプレス図）では、面積が大きいほど数量が多い印象を与える

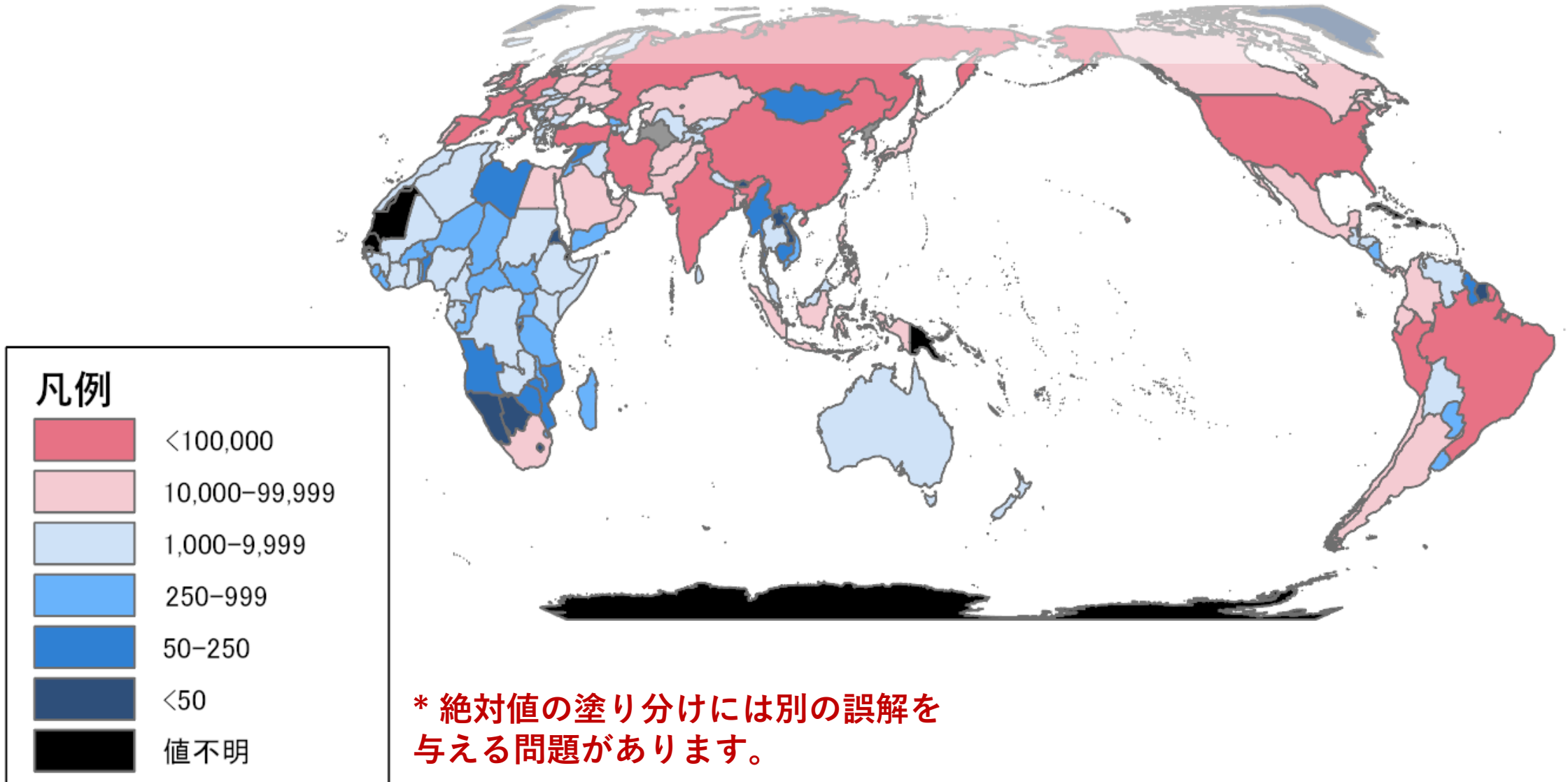
地球儀

メルカトル図法

メルカトル図法で描いた新型コロナ感染者数



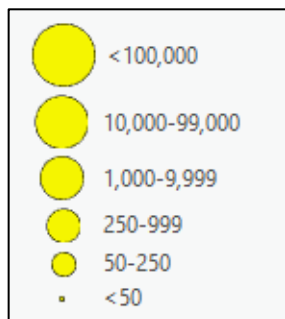
イコールアース図法で描いた新型コロナ感染者数 *



段階記号図で描いた国別新型コロナ感染者数

記号の大きさと区分

詳しくは
5/23 16:15 ルーム7
5/24 14:15 ルーム5-6
で解説します



【イコールアース図法】



主題図に適した地図投影法

世界地図

• 正積

- エケルト図法（第2/4/6図法）
- イコールアース図法
- ハンメル・エイトフ図法

• 非正積

- エケルト図法（第1/3/5図法）
- ヴィンケル図法（第3図法）
- ナチュラルアース図法
- エイトフ図法

大陸・国・地域

• 正積

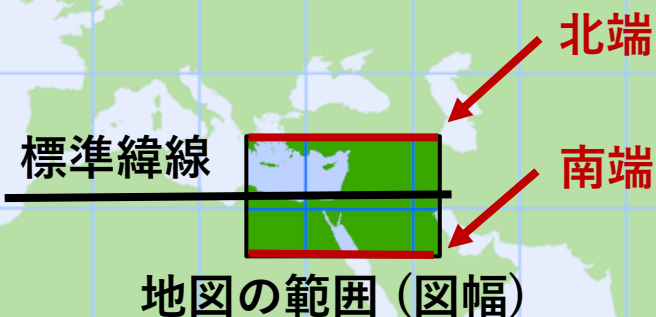
- アルベルス正積円錐図法
- ランベルト正積方位図法
- 正積円筒図法（多数ある）

• 非正積

- 横メルカトル図法（正角）
- ランベルト正角円錐図法
- 正距円錐図法（トレミー図法）

“低緯度” “狭い範囲” であればメルカトル図法でも問題ない

- 地図の北端と南端の緯度差が少ないこと*1
- 標準緯線*2を地図の中心の緯度に設定すれば縮尺の値やスケールバーの長さも正しく示せる



緯度	拡大率	緯度	拡大率	緯度	拡大率
90	∞	60	2	25	1.1034
89	57.2987	55	1.7434	20	1.0642
85	11.4737	50	1.5557	15	1.0353
80	5.7588	45	1.4142	10	1.0154
75	3.8637	40	1.3054	5	1.0038
70	2.9238	35	1.2208	0	1
65	2.3662	30	1.1547		

*1 北半球と南半球をまたがない場合に限る、
ただし赤道付近の低緯度はその限りではない。

*2 基準となる縮尺を決めるための緯度

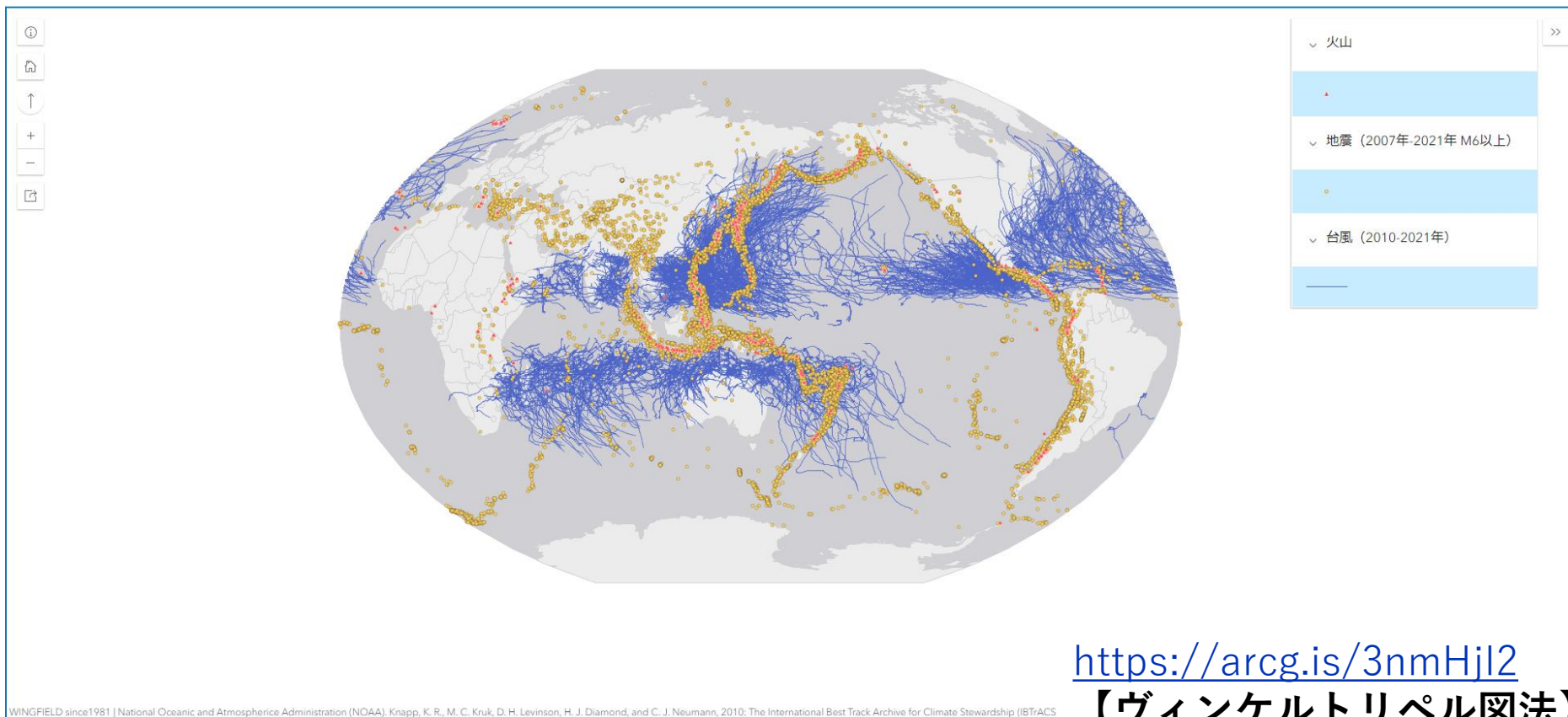
拡大率 = $1 \div \cos(\text{緯度})$ *2

*2 地球を完全な球と仮定した場合

主題図は正積図法や面積のひずみが少ない図法が望ましい

- ArcGIS Pro / ArcGIS Online はさまざまな地図投影法をサポート

世界の火山・地震・台風



まとめ



メルカトル図法は特徴を理解したうえで利用しましょう

- 地図帳に使われる世界地図からメルカトル図法の世界地図は1980年代に衰退していたが、2005年にGoogleマップの登場によって復権した→人の認識と地図帳の認識
- 多くの地図でメルカトル図法が使われるようになった
 - ミラー図法などもメルカトル図法として紹介されるようになった
 - 主題図にメルカトル図法は適さない
- GISの時代（特にWebマップの流行後）では、自由に拡大・縮小できる地図が普及した→大縮尺地図でメルカトル図法を使うことは問題ない

ArcGIS Pro での具体的な座標系の設定方法は？

- 座標参照系、30分で「完全に理解した」
<https://www.youtube.com/watch?v=p1uUIYZLakk>
- https://www.esri.com/cgi-bin/wp/wp-content/uploads/documents/gcf/2023/giscom2023_gis_01.pdf



のホントのところ

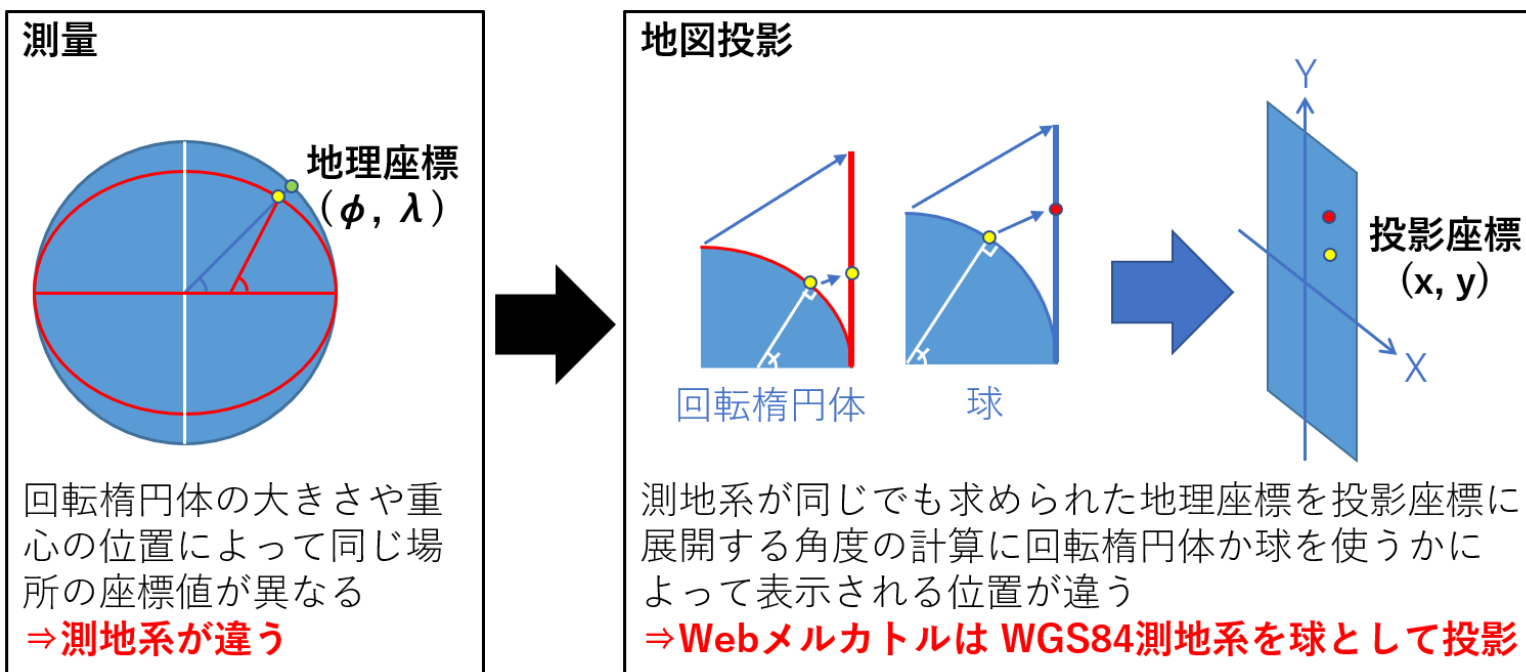
Webメルカトル

「Webメルカトル」とは座標系の名称
Googleマップのタイルを作るために生み出されたものだが、
座標系とタイルはまったく関係ない

Webメルカトル座標系の、測地系はWGS84 地図投影法はMercator Auxiliary Sphere



- 地球を真球で投影してしまった
- 地図上で本来示す位置より約20kmもずれている
- 地球上で20kmは些細な距離だが、長年の測量の成果が反故にされている





正しくないことが正しいものとして
信じられている

これって歴史の授業で習いましたよね？

TO図

- 中世のキリスト教会では地球球体説が否定され、古代科学は異端とされた



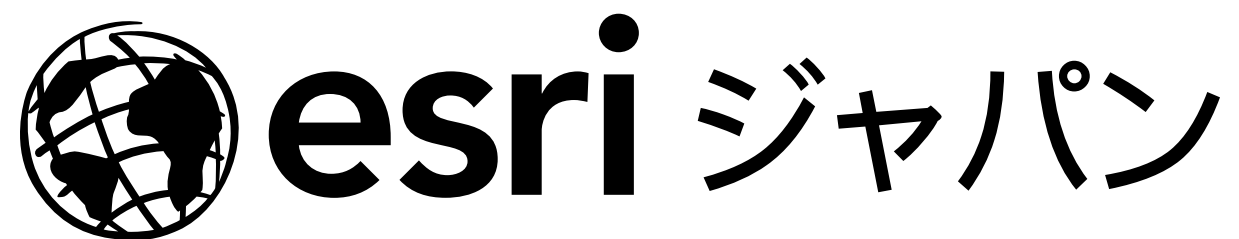
<https://ja.wikipedia.org/wiki/TO図> より引用

ギュンター・ツァイナーによるTO図

それでも地球は扁平している



https://web.archive.org/web/20121001155423/http://library.thinkquest.org/C005358/images/galilei_image01.jpeg



ご参加いただき誠にありがとうございました。



アンケートのご協力をお願い致します。



<https://arcg.is/1WP8801>