

緯度

緯度（いど、latitude, Breite（ドイツ語））とは、**経緯度**（＝経度・緯度。すなわち天体表面上の位置を示す座標）の一つである。以下特に断らない限り、地球の緯度について述べる。余緯度とは緯度の余角。

1 概要

緯度は、その地点における天頂の方向と赤道面とのなす角度で表される。赤道が緯度0度となり北を北緯、南を南緯と言い北極・南極が90度となる。また北緯に+（プラス）、南緯に-（マイナス）を付けて表す場合もある。1度よりも細かい緯度は、1度=60分=3600秒と分割して表現する（0.1度は6分となる）。

同じ緯度の点を結んだ線を**緯線**と言う。「緯」とは織物の横糸の意味で、経緯線を織物に見立てたものである。メルカトル図法の地図では、緯線は赤道に平行な直線となる。経線を子午線というのに対し、子午線の対義語として卯（東）と酉（西）とを結ぶ線を**卯酉線**（ぼうゆうせん）と言うが、緯線とは異なる概念を指す。

太陽は地上から見て赤道直上を中心に南北に往復しているがその範囲は緯度23度27分までであり、この緯線を**回帰線**（北回帰線・南回帰線）と言う。また、緯度が66度33分よりも高い地域を**極圏**（北極圏・南極圏）と言う。

1海里は緯度1分の地球表面上の距離を元に作られており、ほぼそれに等しい。

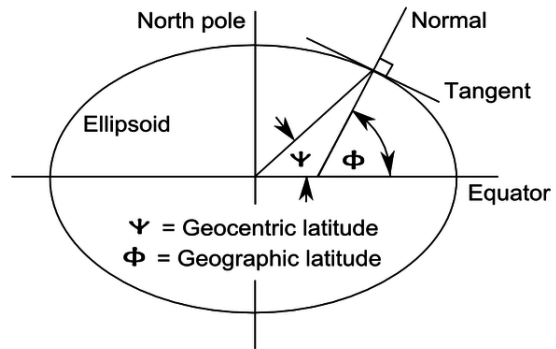
2 緯度の種類

地球は完全な球ではなく**回転楕円体**（扁球）で近似する（しかし実際にはそれからもわずかにずれている）。そのため、完全な球であれば同義である*^[1]以下の定義にも差異が生じる。

2.1 地理緯度 (geographic latitude)

地球を回転楕円体で近似したときに、その地点における楕円体面の法線と赤道面とがなす角度を、**地理緯度**と呼ぶ。単に「緯度」といえば通常この意味で用いる。以下では、地理緯度を φ 、地球楕円体の長半径、第三扁平率及び第一離心率をそれぞれ a 、 n 及び e とする。

2.2 地心緯度 (geocentric latitude)



地心緯度 ψ の定義

その地点と地球の重心とを結ぶ直線、および赤道面とでなす角の角度を、**地心緯度**と呼ぶ。地心緯度 ψ は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：

$$\begin{aligned}\psi(\varphi) &= \tan^{-1} \left((1 - e^2) \tan \varphi \right) \\ &= \tan^{-1} \left[\left(\frac{1 - n}{1 + n} \right)^2 \tan \varphi \right]\end{aligned}$$

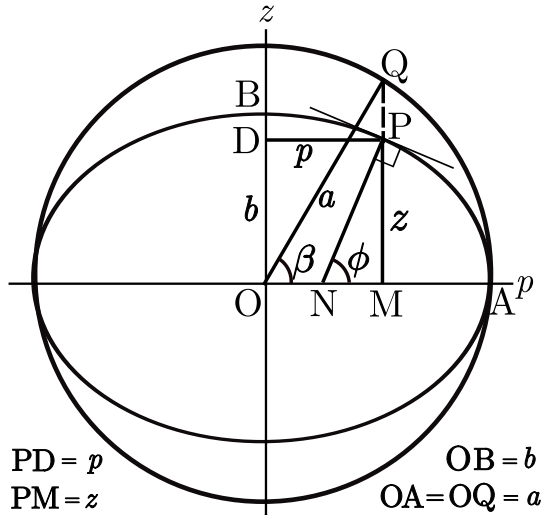
同地点における地理緯度と地心緯度との差は、当該地理緯度を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned}\varphi - \psi &= \tan^{-1} \left(\frac{e^2 \sin \varphi \cos \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{2n \sin 2\varphi}{1 + 2n \cos 2\varphi + n^2} \right)\end{aligned}$$

上式から分かるように、地理緯度とは最大で11分33秒程度（緯度45度付近）の差がある。

2.3 更成緯度 (reduced latitude)

図のように、中心が地球楕円体の中心と一致し、半径が地球楕円体の長半径に等しい球を考えたとき、地球楕円体上の位置を当該球に地球の自転軸と平行に射影した位置が示す緯度として定義される。更成緯度 β は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：



更成緯度 β の定義

$$\begin{aligned}\beta(\varphi) &= \tan^{-1} \left(\sqrt{1-e^2} \tan \varphi \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{1-n}{1+n} \tan \varphi \right)\end{aligned}$$

なお、更成緯度は“パラメトリック緯度”(parametric latitude)とも称される。これは、右図において点 $P(p, z)$ の座標値を β を媒介変数として

$$p = a \cos \beta, \quad z = b \sin \beta$$

と表すことができることから、アーサー・ケイリーが提唱* [2] したことによる。

2.4 正積緯度 (authalic latitude)

球への等積写像を与える緯度として定義される。正積緯度 ξ は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：

$$\xi(\varphi) = \sin^{-1} \left(\frac{s(\varphi)}{s(\pi/2)} \right)$$

ただし、 $s(\varphi)$ は赤道から地理緯度 φ までの緯度帯面積を表し、地理緯度 θ における地球楕円体の子午線曲率半径及び卯酉線曲率半径をそれぞれ M_θ 及び N_θ とするとき、

$$\begin{aligned}s(\varphi) &= 2\pi \int_0^\varphi M_\theta N_\theta \cos \theta d\theta \\ &= \pi a^2 \left(\frac{1}{e} - e \right) \left(\frac{e \sin \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} + \tanh^{-1}(e \sin \varphi) \right)\end{aligned}$$

で与えられる* [3]。

2.5 求長緯度 (rectifying latitude)

赤道から地理緯度までの子午線弧長で換算される緯度で、求長緯度 μ は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：

$$\mu(\varphi) = \frac{\pi}{2} \frac{m(\varphi)}{m(\pi/2)}$$

ただし、 $m(\varphi)$ は赤道から地理緯度 φ までの子午線弧長を表し、

$$m(\varphi) = \int_0^\varphi M_\theta d\theta$$

で与えられる。

μ を φ についてよりあらわに書き下せば、次のように表すことができる* [4]。

$$\mu(\varphi) = \varphi + \frac{\sum_{j=0}^{\infty} \left\{ \prod_{k=1}^j \left(\frac{n}{2k} + n \right) \right\}^2 \sum_{l=1}^{2j} \frac{\sin 2l\varphi}{l} \prod_{m=1}^l \left(\frac{-n}{2j+2 \cdot (-1)^m l} \right)}{\sum_{j=0}^{\infty} \left\{ \prod_{k=1}^j \left(\frac{n}{2k} + n \right) \right\}^2}$$

2.6 等長緯度 (isometric latitude)



メルカトル図法による世界地図。横の線が緯線を表し、地理緯度 φ に相当する緯線は等長緯度 $q(\varphi)$ に換算して配置されている。

地球楕円体上のいかなる位置においても経線方向と緯線方向の微小距離が等しくなるように換算

された緯度で、等長緯度 q は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：

$$q(\varphi) = \int_0^\varphi \frac{M_\theta d\theta}{N_\theta \cos \theta} = \text{gd}^{-1}(\varphi) - e \tanh^{-1}(e \sin \varphi)$$

ただし、 $\text{gd}(x)$ はグーデルマン関数であり、 $\text{gd}^{-1}(x)$ はその逆関数を表す。

等長緯度はメルカトル図法において重要な役割を果たす量であり、地球楕円体上の $\varphi = \text{一定}$ の平行圏（緯線）は、投影面において $q = \text{一定}$ の直線として写像されることになる。

2.7 正角緯度 (conformal latitude)

球への等角写像を与える緯度として定義される。正角緯度 χ は、地理緯度 φ と以下のような関係にある：

$$\chi(\varphi) = \text{gd}(q(\varphi)) = \text{gd}(\text{gd}^{-1}(\varphi) - e \tanh^{-1}(e \sin \varphi))$$

2.8 天文緯度 (astronomical latitude)

その地点の重力に基づく「真上」（鉛直方向、天頂方向）と赤道面がなす角度を、天文緯度と呼ぶ。天の北極・天の南極の高度と同じであり、主に天文観測で求めたため「天文」の名がつく。実際には大気差によるずれが生じるため、大気差の小さい「真上」付近に来る星を子午環で観測し、赤緯を測定して求めた。

重力は重力ポテンシャル面（すなわちジオイド面）の法線方向であるから、ジオイド面が地球楕円体面と完全に一致すれば地理緯度と一致する。しかし実際は地下構造の影響を受けて複雑に歪んでいるため、地理緯度とは数秒程度の差がある（鉛直線偏差）。

これに加え、赤道面の変化、すなわち自転軸の変化が存在する（極運動）。これは428日周期を持っているので、天文緯度は常に周期的に変化している。ただし数年幅の短期的な変化は0.5秒以下である。それ以上の長期的な変化も存在し、地球全体の質量分布の変化が原因と考えられるが、現時点では長期的な予測は困難である。

それでも、GPSなど長い距離を正確に測る手段がない20世紀前半までは、これがもっとも正確な測定方法であった。

2.9 測地学的緯度 (geodetic latitude)

「測地学的緯度」を地理緯度と同じ意味で、もしくは地球楕円体面上の問題であることを強調するために用いることがあるが、ここでは地理緯度と分けて用語を設定し説明する。

大雑把に言えば「地図から読み取った緯度」と定義できる。その時点での測量技術に基づきもっとも正確に求められる「緯度」であるが、あくまでその時点の技術水準に依存する。20世紀中においては、首都の天文台での観測結果を元に測地系と地球楕円体を先に決めた上で、その地点までの地上測量を基に決定した緯度である。その地点の重力の歪みの影響は直接受けけないものの、測地系決定のために行った測量のずれ（日本で言えば東京での重力の歪み）や採用した地球楕円体の誤差の影響を受ける。GPSもVLBIもない20世紀初頭には、地球の正確な形状、地球重心の位置、重力の歪みなどを正確に測定する方法がなく、測地学的緯度をもって地理緯度とみなすことが多かった*[5]。

3 緯度1秒の長さ

地球の子午線周長は約40008kmである。すなわち、平均的には

- 緯度1度の長さ約111km
- 緯度1分の長さ約1.85km
- 緯度1秒の長さ約30.9m

と求められるが、実際には地球は回転楕円体に近い形をしているため、緯度によって僅かながら緯度1秒の長さに違いがある。ちなみに、海里は元来、緯度1分の長さであるが、より正確には緯度45度における緯度1分の子午線弧長が海里のもともとの定義になっていた（30.869938m/秒 = 1852.196m/分（ただし、この数値は、現今のGRS80によるものであって、海里の定義を定めたときには異なる値であった。）。）

緯度1秒の長さ l は着目している地点の地理緯度 φ に依存し、地球楕円体の赤道半径（長半径）を a 、離心率を e とすると、近似的に

$$l \simeq \frac{\pi M_\varphi}{648000} = \frac{\pi}{648000} \cdot \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}$$

と表される*[3]。地球楕円体としてGRS80を採用した場合、 $a =$ （正確に）6378137m、 $e^2 = 0.006694380022900788$ （近似値）である。GRS80地球楕円体表面上の代表的な地点及び日本周辺の緯度における値を、上記の式によって計算した結果は次のとおりである。

4 各緯度の主要な都市

注：緯度の値は概略値

- 北緯60度

- レイキャヴィーク (アイスランド・北緯 64 度)
- アンカレッジ (アメリカ・北緯 61 度)
- オスロ (ノルウェー・北緯 60 度)
- 北緯 50 度
 - モスクワ (ロシア・北緯 55 度)
 - ベルリン (ドイツ・北緯 52 度)
 - ロンドン (イギリス・北緯 51 度)
- 北緯 40 度
 - パリ (フランス・北緯 48 度)
 - ミュンヘン(ドイツ・北緯 48 度)
 - 札幌 (日本・北緯 43 度) ※実際の N40 度は秋田県の八郎潟付近
 - ローマ (イタリア・北緯 41 度)
 - ニューヨーク (アメリカ・北緯 40 度)
- 北緯 30 度
 - 仙台、新潟 (日本・北緯 38 度)
 - 東京、横浜、名古屋 (日本・北緯 35 度)
 - ロサンゼルス (アメリカ・北緯 34 度) ※名古屋とロサンゼルスは北緯が近く、姉妹都市になっている。
 - 大阪、京都、神戸、岡山、広島 (日本・北緯 34 度) ※静岡、浜松 は北緯 34 度から 35 度の間に分布している。
 - 福岡、北九州 (日本・北緯 33 度)
 - カイロ (エジプト・北緯 30 度)
- 北緯 20 度
 - 那覇 (日本・北緯 26 度)
 - 台北 (台湾・北緯 25 度)
 - 香港 (中国・北緯 22 度)
 - コルカタ (インド・北緯 22 度)
- 北緯 10 度
 - メキシコシティ (メキシコ・北緯 19 度)
 - ダカール (セネガル・北緯 14 度)
 - バンコク (タイ・北緯 13 度)
- 北緯 0 度
 - パナマシティ (パナマ・北緯 8 度)
 - ラゴス (ナイジェリア・北緯 6 度)
 - シンガポール (北緯 1 度)
- 南緯 0 度
 - ナイロビ (ケニア・南緯 1 度)
 - マナウス (ブラジル・南緯 3 度)
- ジャカルタ (インドネシア・南緯 6 度)
- 南緯 10 度
 - リマ (ペルー・南緯 12 度)
 - ケアンズ (オーストラリア・南緯 17 度)
 - アンタナナリボ (マダガスカル・南緯 18 度)
- 南緯 20 度
 - サンパウロ (ブラジル・南緯 23 度)
 - ヨハネスブルグ (南アフリカ・南緯 26 度)
 - ブリスベン (オーストラリア・南緯 27 度)
- 南緯 30 度
 - シドニー (オーストラリア・南緯 33 度)
 - ブエノスアイレス (アルゼンチン・南緯 34 度)
 - ケープタウン (南アフリカ・南緯 34 度)
- 南緯 40 度
 - ウェリントン (ニュージーランド・南緯 41 度)

5 関連項目

- 日本経緯度原点
- 水沢 VLBI 観測所 (旧・水沢緯度観測所)
- ISO 6709
- 海里
- 測地系
- 緯線
- 経緯度

6 脚注・参考文献

- [1] 等長緯度に関しては地球を真球とみなしたとしても、そもそも地理緯度と異なる概念である。
- [2] Cayley, A. (1870): On the geodesic lines on an oblate spheroid, *Philosophical Magazine*, **40** (4th Series), 329-340.
- [3] 例えば、理科年表 (2014 年版、2013 年 11 月 30 日発行) 地学部「地球楕円体に関する計算式」, p. 地 3 (p.581)

- [4] Kawase, K. (2011): A General Formula for Calculating Meridian Arc Length and its Application to Coordinate Conversion in the Gauss-Krüger Projection, *Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan*, **59**, 1–13
- [5] 日露戦争後のポーツマス条約により「北緯 50 度以南の樺太を日本に割譲する」ことが決まったが、「北緯 50 度とは天文緯度である」と定められ、現地測量により国境線を画定した。しかし日本測地系による東京からの測量を伸ばしていくと、確定した国境線が日本測地系での北緯 50 度より 200m ほど南となり、一部で問題視された。(旧樺太の日露国境画定) 2002 年に日本が採用した世界測地系による北緯 50 度は、天文測量で確定したものに近い。しかし当時としては、どの測地系が適切なのか知る方法がない一方、各国の測地系間のずれも認識され始めた中、さらに天文緯度と測地学的緯度の混同もあった。

7 Text and image sources, contributors, and licenses

7.1 Text

- **緯度** 出典: <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B7%AF%E5%BA%A6?oldid=54856281> 投稿者: Suisui、Nnh、Ygn kamiya、Sampo、Robbot、Mig、つ、Frozen-mikan、Martin、Nmaeda、SuisuiBot、Peka、Dada、小太刀、FlaBot、MelancholieBot、ドラムスコ、Tom-spring、Mongol、Was a bee、Escarbot、BUNBUN、BOT-Superzerocool、JAnDbot、L III (N)、わたあめひみつ、Bankokuya、Showiki、HATA A. K.、Mamekiti48、VolkovBot、Webfoot、TXiKiBoT、Thijsie!bot、AlleborgoBot、地図帳、SieBot、Louperibot、Loveless、Idioma-bot、AlnoktaBOT、ZassouTori、Alexbot、DragonBot、官翁、BodhisattvaBot、BOTarate、Tribot、SilvonenBot、Preppedia、Luckas-bot、かわペディア 681、Ptbotgourou、YukkeBot、TaBOT-zerem、Mage Whopper、Xqbot、Iewslast、Halowand、EmausBot、Kkddkk、ZéroBot、HroestBot、Kurubu、ChuispastonBot、Kkddkkdd、祝你心想事成☞什么、Kasirbot、MerllwBot、Gm-sec、JhsBot、Addbot、Awaniko と匿名: 36

7.2 Images

- **ファイル:Ellipsoid_reduced_angle_definition.svg** 出典: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Ellipsoid_reduced_angle_definition.svg ライセンス: Public domain 投稿者: 投稿者自身による作品 原著者: Peter Mercator
- **ファイル:Gnome-web-browser.svg** 出典: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Gnome-web-browser.svg> ライセンス: CC BY-SA 3.0 投稿者: HTTP / FTP 原著者: GNOME icon artists
- **ファイル:Mercator-proj.jpg** 出典: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Mercator-proj.jpg> ライセンス: CC-BY-SA-3.0 投稿者: ? 原著者: ?
- **ファイル:Two-types-of-latitude.png** 出典: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Two-types-of-latitude.png> ライセンス: CC BY 3.0 投稿者: 投稿者自身による作品 原著者: Wmc824

7.3 Content license

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0