

## 地球の形と大きさ

地球の形を表す言葉にはいくつかありますが、よく使われるものにジオイドがあります。国土地理院では、2025年4月電子基準点、三角点、水準点等の標高データを改定しました。

### (1) 古代人の地球観

古代人の地球観は国によって、宗教によって様々です。その例を2つ紹介します。バビロニア（メソポタミア）では、大地は、周囲を大洋に囲まれていて、その大洋もまた高い絶壁で囲まれており、その上を紡錘型の天井がアーチ状にかかっていると考えていました（図1）。ギリシャのタレスは大地は一つの円盤であり、その周辺をオケアヌス（海の神で世界の外を流れる大河または大洋を指します。「ocean」は、このオケアヌスの名に由来しています）が流れると考えました（図2）タレスは地球が球体であることに気付いていた可能性があるともいわれています。紀元前6世紀ころのギリシ

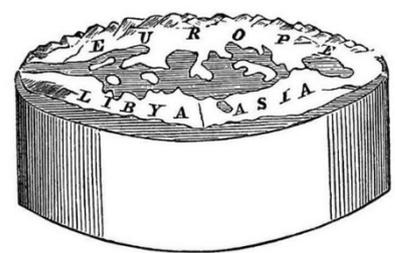
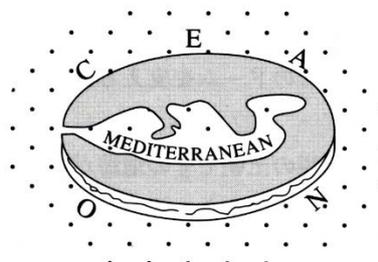
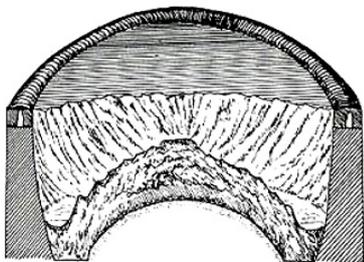


図1 バビロニアでの地球観 (URL1) 図2 タレスの地球観 (藤井ほか, 1994) 図3 アナクシマンドロスの地球観 (URL2)

ヤ人アナクシマンドロス（タレスの弟子）は地球は円筒形であると主張しました（図3）。何にも支えられず無限の中心に浮いている石の円柱の上面に人々は暮らしており、その周りを円形の海洋が取り囲んでいると考えたのです。彼は南北に旅する北極星の地平線からの高度が変わったり、南下するにつれてみえない星座が現れてくることから大地は平坦ではないと考えました。さらに東西の移動では見える星座は変化しないなどのことから地球の形を南北には湾曲



図4 月に映る地球の影 (浜島書店編集部, 2025)

し東西には平坦な形をしている「茶筒」を横にしたような形状であると考えました。彼は天文学の創始者とも見なされています。ピタゴラス（BC560頃）は幾何学的な立体の中で球が最も完全な図形であると考え、地球や他の惑星も球形を成していると考えました。アリストテレス（BC384～322）は①月食の時の地球の影が丸い（図4）②南方や北方に場所を移動すると星の高度が変わるなどから地球は球形であり、さほど大きくないと考えました。

### (2) 地球の形と大きさの測定の歴史

アレクサンドロス3世（アレキサンダー大王）のつくった巨大帝国が分裂してできたプトレマイオ

ス王朝は都をアレキサンドリアに定め、ここに、図書館などをつくりました。その図書館の司書（館長？）をしていたエラトステネス（BC275～194）は実際に地球の大きさを測定したことで有名です。彼は文献によりアレキサンドリアのほぼ真南（実際は少しずれる）にあるシエネ（現在のアスワン）では、夏至の正午になると井戸の底に太陽が映る（太陽の光が真上から射す）ことを

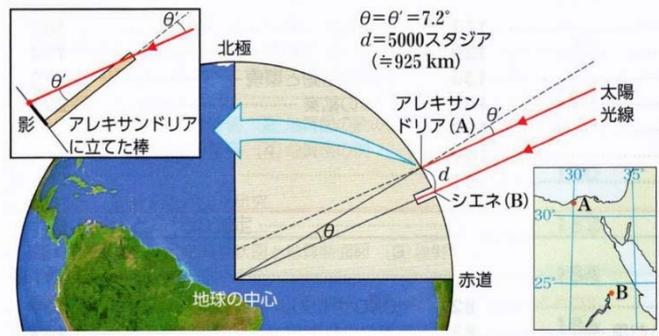


図5 エラトステネスの方法（浜島書店編集部，2025）

知ります。そこで彼は、北にあるアレキサンドリアで夏至の正午に地面に垂直に立てた棒の影の長さを測定し、太陽の光は垂直な棒に対して  $7.2^\circ$  の角度で差し込むことから地球の大きさを計算しました。シエネとアレキサンドリアの距離は、商人などの旅の所要日数から 5000 スタジアと推測します。1 スタジア = 185m とすると、地球の円周  $2\pi R$  は  $7.2 : 360 = (5000 \times 185) : 2\pi R$  から 46250km となります。現在知られている地球の円周は、赤道で 40075km、子午線で 40009km です。

このようにギリシャ文明でほぼ正確な形・大きさを求めていましたが、その後この地域を支配したローマ帝国で国教となったキリスト教がギリシャ時代の古代科学を否定したため、15世紀のルネッサンス、大航海時代まで忘れ去られ、中世のヨーロッパでは科学は発展せず、アラビア圏で発達していきます。11世紀以降の十字軍というキリスト教徒によるイスラム教徒への戦いのころから、ヨーロッパの人々がアラビア圏の文化に接し始めます。14世紀ころからヨーロッパでルネッサンス（古代ギリシャ・ローマの文化を復興しようとする動き）が起こります。マルコ・ポーロの東方見聞録に刺激されたり、肉の味付けと保存のために必要な香辛料を求めて航海を試みる人がでてきます。1492年、インドを目指して出港したコロンブス（アメリカ大陸の発見者といわれますが、アメリゴ・ベスプッチの名がアメリカの名の由来になっており、複雑な？事情があるようです）、1498年喜望峯を回ってインドのカルカッタに上陸したポルトガルのバスコ・ダ・ガマなどが有名です。1519年、フェルディナン・デ・マガリャンイス（マゼラン）が南米南端を回って、フィリピンまで行きます。そこで先住民との戦いでマガリャンイスが亡くなり、その後、ファン・エルカーノの指揮で、セビリア港にたどり着き地球を一周しました。航海日誌の日付と、戻ってきたときのポルトガルの日付が1日ずれていたことから地球が丸いことが証明されました。1569年にはドイツのゲルハルト・クレマー（ラテン語でメルカトル）がメルカトル図法によって世界地図を作製します。のちに息子と共同で地図帳を出版しギリシャ神話の巨人「アトラス」と名付けます。それ以来地図帳をアトラスと呼ぶ由来です。1666年にフランスのルイ14世は科学アカデミーを設立し緯度  $1^\circ$  あたりの長さを測量させます。恒星を使い距離も歩測ではなく物差しを用いました、その結果、現在の単位で緯度  $1^\circ$  当たり約 111.1km と求められました。1687年、イギリスのニュートンが、地球は自転による遠心力のため、やや赤道方向に膨らみ南北につぶれた形をしていると主張します（図 6a）。一方、フランスは実際の測量によって地球の精密な形を決めようとしています。フランスのカシーニ父子

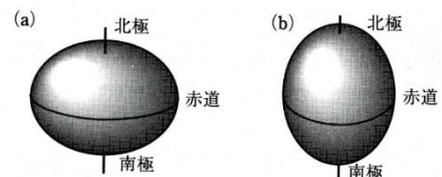


図6 地球の形の考え（杵島ほか，2006）

(1683～)はパリを起点として南北それぞれ緯度差 1° の距離を求め、南の方が大きいという結果を得ます (図 6b)。これはニュートンのいう結果と逆になるためイギリスとフランスの激しい論争となります。その後、フランスは北極に近いラップランドと赤道に近いペルー・エクアドルで調査を行い北のラップランドの緯度 1° の長さの方が大きいとわかり、ニュートンの考えが正しいこととなります。地球の形を決める論争後、フランスは精密な測量によって国際的な主導権を得ようとしてさらに測量を行います。フランスの北岸ダンケルクからスペインのバルセロナまで 6 年をかけて測量します。当時はフランス革命の真っ最中ですが、1799 年にメートル法を考え出します。それは、パリを通る子午線の長さの 1000 万分の 1 の長さを 1m としたのです。メートル法はフランス革命由来です。そのためもあってイギリスはほとんど、アメリカ (USA) はあまり、メートル法を現在も使っていません。「チョモランマ」「サガルマータ」と呼ばれるエベレスト (山) に名が残るジョージ・エベレストによるインド地方の子午線弧長測量 (1830 年) も有名です。

### (3) 地球の形—地球楕円体とジオイド

現実の地球は不規則で複雑な凹凸がありますが、楕円を短軸の周りに回転させたときにできる立体図形 (回転楕円体) に近いことから、実際の地球に最もよく合うように赤道半径を極半径を定めた回転楕円体を地球楕円体といいます。そのつぶれ具合を偏平率で表します (図 7)。

偏平率は (長辺の長さ - 短辺の長さ) / (長辺の長さ) で表し、約 1/300 です (ほとんど“まん丸”です)。

地球楕円体を実際の地球にあてはめる際に、地球楕円体の中心を地球の重心に一致させる、地表のある場所 (測地原点) に楕円体を一致させるなどいくつかの方法があります。前者を地心座標系と呼び、世界測地系に使われます。後者を局所座標系と呼び、旧日本測地系は旧東京天文台の位置を原点として地球に固定したものです。

もう一つの地球の形を表す用語にジオイドがあります。geo は地球、oid は「～のようなもの」を意味します。ジオイドは簡単に言うと海面をつないでできると球の形です。ジオイドの形は陸地では地球内部の密度の不均一ため凹凸ができます。地下構造が周囲より高密度のところ (“重い”ものからできている) では引力が局所的にやや大きく海水をたくさん引き付けてジオイド面が凸になります (図 8)

国土地理院では、2025 年 4 月、電子基準点、三角点、水準点等の標高などの値を衛星測位\*を基盤とするもの (測地成果 2024) に改定しました。これまで不足していた山岳部や沿岸部の重力データは、航空重力測量によって整備されました。重力データのみから作られる重力ジオイドになります。富士山の二等三角点「富士山」の標高は 3775.56m (現在の標高 3775.51m) となります。

※衛星測位：衛星を使って地上の位置を高精度で測定する方法で測量法です。日本の人工衛星は「みちびき」と呼ばれます。

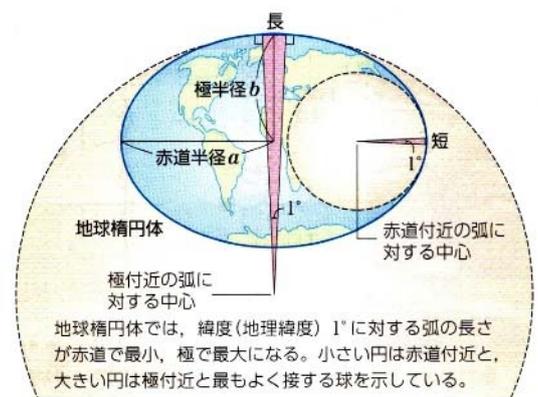


図 7 地球楕円体 (浜島書店編集部, 2025)

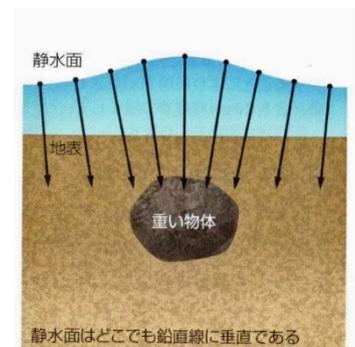
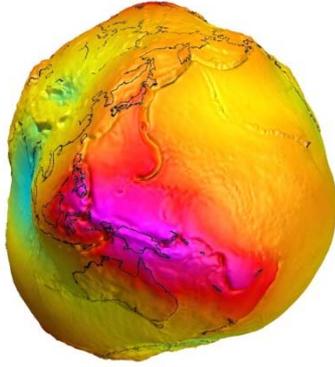
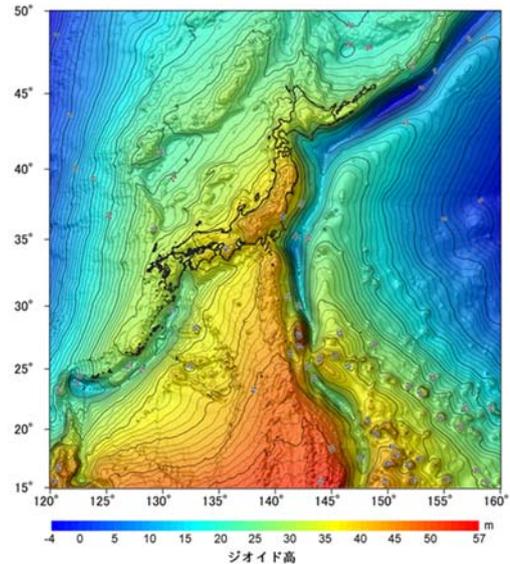


図 8 海水面の形 (浜島書店編集部, 2025)



左図9 太平洋付近のジオイド  
(URL3)

図10ともに、赤色～橙色の部分がジオイド面が高いところ  
です。



右図10 日本付近のジオイド  
(URL4)

日本付近のジオイド面は比較  
的高くなっています

#### (4) 緯度・経度・標高

経度の「経」は織物の縦糸,「緯」は、横糸を指します。地球上の場所は緯度と経度で表すことができます。緯度は北極星の高度からおおよそ知ることができます。ただし、北極星は厳密に地球の自転軸の延長上にあるわけではなく、わずかながら周回運動をしており、歳差によってたまたま現在、天の北極近くにいるにすぎません。一方、経度を決めるのは

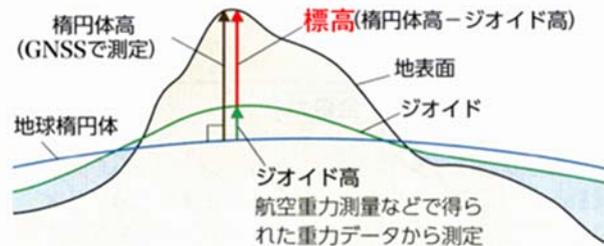


図11 標高 (浜島書店編集部, 2025)

困難です。緯度が同じなら、見える星空はほぼ同じで区別がつかないからです。日本においては、東京湾の平均海面に一致する面をジオイドと定め、標高の基準としています(図11 緑色)。日本経緯度原点は日本国内の測定の基準点で、東京都港区麻布台二丁目にあります(会報 no.7 参照)。日本経緯度原点の経緯度の数値は、日本測地系の基準として約100年にわたり変わらず用いられてきました(ただし経度は1918年に1度修正された)。2002年に世界測地系が導入されたことにより、「日本経緯度原点」の経緯度は地球重心を原点とする数値(地心座標系)に変更されました。現在の数値は、2011年の東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)後に改訂されています。

#### 主な参考引用文献

藤井葉一郎・藤原嘉樹・水野浩雄, 1994, 地球をはかる. 東海大学出版会, 194p.

浜島書店編集部, 2025, 二訂版ニューステージ地学図表. 浜島書店, 233p.

磯崎行雄・川勝均・佐藤薫, 2025, 高等学校地学. 421p.

杵島正洋・松本直記・佐巻健男, 2006, 新しい高校地学の教科書. 講談社, 365p.

URL1 : [https://www9.big.or.jp/~akkun/ancient\\_univers/ancient.htm](https://www9.big.or.jp/~akkun/ancient_univers/ancient.htm)

URL2 : <https://turkish.jp/turkish-antiquity/anaximandros/>

URL3 : fig040405d\_eigen-chgr01c\_web\_7\_t.jpg

URL4 : 国土地理院 HP ジオイド 2024 日本とその周辺