



今小5の子の家庭教師をしています。

そこで私が『地球はまん丸じゃない、ホントは洋ナシ形なんだよ?』と昔どこかのテレビ番組で言っていたことを教えたら、当たり前ですが『なんでえ?』ときかれました。

その場でがんばって考えてみたものの、それらしい答えが出ませんでした。なんで、洋ナシ形なんですか?あと本当に洋ナシ形なんですか?



1) まず地球の大きさとは何でしょうか?

固体の径?(エベレスト山やマリアナ海溝があるけど?)海平面?(波の高さや潮汐はどうするの?)大気圏の広がり?(どこまで薄くなつたらいいんだ)...ということで何らかの処置をしなければなりません。

固体地球では 全地球的理想的平均海平面(時間平均、陸地に於いても水路を掘ったものとして考える)をジオイド(イドは アンドロイド(ヒトに似たもの)のイドと同じで「地球に似たもの」が原意)とよびます。これは等ポテンシャル面になっているわけですが、ある程度凹凸があります。

たとえば大きな質量の山の上があつたらジオイド面は少し上の方にずれます。

これだと一律に扱えないでうまくジオイド面をカバーできるような回転楕円体をかぶせて地球の標準とします。

いまはGRS80とよばれるものが標準楕円体でそれを使って測地の座標系はITRF84と呼ばれます。(注意すべき事は楕円体はいろいろあって、天文学で使うIAU楕円体をはじめいっぱいあります。今述べたのは測地の標準ということでGPS(米軍発祥)でつかうWGS84との一致もとれています。

2) しかしその標準楕円体ですが、まず「球である」というべきです。扁平率は(赤道半径極半径)/赤道半径 ですが、 $1/298.257226 \sim 0.00335281$ となってそこのパチンコ玉よりもずっと球に近い存在です。ですから子供に地球=洋なし型と教えることに私個人は反対です。

最近の円周率=3.14か約3かの議論ではありませんが、真の球面とこの楕円体面の表面の高さの差は大きいところで10-20km位です。(赤道半径=6378.137km、極半径=6356.752km)。

山や海溝があると言ってもコンパスで書く円の線の太さにもなりません。

3) しかしなぜ 地球は洋なし型とも言われるのでしょうか?

標準楕円体面とジオイド面の差を計算してみるとジオイド面の方が北極で約16m高く、北半球中緯度で7mほど低く、南半球中緯度で7mほど高く、南極で約16m-27m低い(数値は大まかです)、極端に描けば頭トンガリ出っ尻の形になります(古在さんという有名な学者の業績です)。お気づきのおとり、2)で挙げた真球-楕円体との差よりも

ずっと小さい差になっていますから、もし正しい縮尺で書いたら洋なし型とはわからないでしょう。

4) なぜ今までして細かい議論が必要かというと、長さではあまり効果がないことも質量になると体積=長さの3乗で効いてくるわけで重力測定のときに重要であるからです。

重力測定から地下の密度分布や地球内部の物質の運動を議論することもあります。

長さについても正確な地球の地図の作製に欠かせないからです。正しく進んできたつもりなのに古い地図だと人間にとってはちょっと大きい誤差が生まれてしまうからです。

人工衛星からレーダ、レーザーなどで高さを測ることはできますが、人工衛星の軌道が地球のローカルな重力場の影響を受けているので正しく見積もらないといけません。

5) 地球の形については古代ギリシアの昔から計算されてきました。

赤道半径と極半径のどちらが長いかの論争も大航海時代ありました。

ニュートンも回転流体を考えて、遠心力の働く赤道部分が出っ張るモデルを考えて扁平率=1/230を出しています。

6) ではなぜ 回転の遠心力だけで説明できない変な形をしているのでしょうか?

(ここでは個々の山や谷は無視できるので大きなスケールの話です) まずジオイド面は理想的平均海面という話をしました。

従って陸地では水路を掘ってその時の静水面ということになります。したがって陸地の高さ自身は(わずかなものですが)反映されてません。(陸地分の重力は換算されています)

上方に重いものがあるとそれによってジオイド面は上に引っ張り上げられます。(半径5kmの山を仮定すると5m位)。

では北半球は陸地が多いのでジオイドは上に引っ張り上げられているのでは? と考えると実際は下がっているのでおかしなことになります。

これは地球の歴史性に由来することで、昔北米大陸などには氷河期に厚い氷の固まりがのっていました。この重みのために大陸は、重油を積んだタンカーのようにマントルに沈降していく、氷が無くなった今、少しづつ時間をかけて浮き上がっているところだと考えられています。(浮き沈みのつりあいのことをアイソスタシーとよぶ)。

極は遠心力の働くことと南極ではプラス氷の重みの影響が考えられます。

南半球は海面が多く、海水は遠心力に短時間に応答してバランスするはずで 上述の影響はほとんどありません。このほか、過去の地球の自転速度の違いの影響なども考えている人もいます。