

## R科\_GIS I 前期末模擬試験問題

### 問1. 測地基準系について論ぜよ。（出典：日本学術会議）

我々の生活空間である地球表面付近の位置を表すのに、経緯度・標高という概念が用いられている。経緯度は、地表面そのものではなく、地球形状に近似した回転楕円体（これを準拠楕円体という）を基準面として定め、この上で定義される。また、標高は、平均海面を基準にした水準面（これをジオイドという）からの鉛直上方（重力の働く方向と反対方向）の高さである。このように、経緯度は準拠楕円体上に投影された位置、標高はジオイドからの高さとして別々の体系となっており、ある地点の経緯度、標高は、それぞれ、位置のわかっている近傍の三角点、水準点から、測量によって求められる。三角点は精度に応じた等級に分類され、これらの三角点の組み合わせによって構成される三角点網が経緯度原点に結合されている。また、水準点も同様の水準点網を経由して水準原点に結合されている。我が国に限らず各国とも、こうした方法を採用しており、このような地球上の位置を表すための基準面、原点、三角点網、水準点網の体系を、測地基準系または測地系と呼んでいる。なお、狭い意味で、水平位置の体系を測地（基準）系と呼ぶこともある。

従来、天文観測を基にした測地基準系の準拠楕円体は、経緯度原点において実際の地球に結合される。その方法は、当該地点において天文観測を行って、この地点の鉛直線（重力方向）を天体の方向に結びつけ、この方向から経緯度を算出して原点の経緯度と定義する。この原点の値をもつ準拠楕円体上の点から楕円体表面に垂直に立てた法線を、実際の天文観測から求めた鉛直線と一致するように、準拠楕円体の位置と向きを定める。

原点から鉛直上方に立つ直線と、その法線が一致するように結合された準拠楕円体は、まだ、鉛直方向の軸の周りに回転の自由度をもつので、この方向（方位）を定めるために、ある遠方の地点の方位を、同じく天文観測から求めてこれを原方位として定義し、準拠楕円体の方位を地球に結合する。

最後に、準拠楕円体の高さ方向の位置を地球に結合する必要がある。これは、経緯度原点の近傍に設置する水準原点の高さからの水準測量によって、準拠楕円体の表面が基準水準面と同じとなるよう、すなわち標高ゼロとなるように定める。

こうして、経緯度原点において、準拠楕円体が実際の地球に厳密に結合されて定義される。なお、日本測地系に採用されている準拠楕円体は、Bessel が、1841 年に求めたベッセル楕円体（長半径：6377397.155m、扁平率：1/299.152813）である。

標高は、ある領域の平均海面を標高ゼロの基準水準面（ジオイド）とし、水準測量で結合した陸地にある水準原点の標高を、この面からの鉛直上方の高さと定義する。

新たな宇宙測地技術に基づく測地基準系は、地球の重心を原点とする三次元直交座標系で表され、この座標系の位置と方向は、観測点間の距離と方向を決定できる VLBI、及び観測点間相互の距離と地球重心との位置関係を決定できる SLR などの衛星測地技術、の双方に基づいて求められる。準拠楕円体としては、より地球形状に近い値が採用され、その中心をこの三次元直交座標の原点に、また、その長短軸を同座標の各軸に一致させて位置が定められる。実際の地球との結合は、宇宙測地技術観測点の三次元直交座標値との関係により定まる。従来の三角点網の各点には、最新のデータを加えて、新たに定義される準拠楕円体上に投影される座標値が再計算により付与され、実用に供されることとなる。地球上の高さ方向の位置については、新たな測地基準系においても従来と同じ方法で定義される標高が水準点網から得られ、これを使用することで問題は生じないが、GPS 等の宇宙測地技術からは準拠楕円体からの高さが直接得られるので、この高さから標高を効率的に得るためには、準拠楕円体からのジオイドの高さをより高い精度で求めることが必要となる。

### 問2. 次の空間参照系について述べた文章の（a）～（f）にあてはまる最も適切な語句を語群から選んで、ア～カの記号で解答欄へ記せ。

空間の位置に関する記述を空間参照といいます。空間参照は、空間の位置を座標で明示的に表すかどうかで大きく二分されます。経緯度などの座標を使って直接指定する方法は（a）と呼ばれています。一方、住所や郵便番号などのように座標を使わない記述方法は（b）と呼ばれています。

地球上の位置を座標で表現するには、座標参照系を定義する必要があります。座標参照系は測地基準と座標系から構成されています。測地基準（geodetic datum）は、地球の表面の形状を近似的に表現する数学的モデルに関する情報と、そのモデル化した地球を現実の地球に関連づけるための情報から構成されています。より具体的には、地球を扁平な回転楕円体としてモデル化する場合

は、回転楕円体の長半径や扁平率、（ c ） などが測地基準の構成要素です。

一方、座標系（coordinate system）とは、座標の表現方法を定めたものです。座標系には、（ d ）、極座標系、そして、平面に投影した座標系、たとえば、（ e ） や UTM 座標系など、いろいろな種類があります。UTM 座標系とは、ユニバーサル横メルカトル図法によって表現された（ e ） のことですが、日本の実務ではあまり利用されていません。

なお、GPS 測量では、回転楕円体の中心と短軸を地球の重心と自転軸に一致させたモデルから計算される（ f ） を使って測位しており、その座標を WGS84 という座標系の経緯度に換算しています。

<語群> ア 地心直交座標系 イ 原点の位置 ウ 平面直角座標系 エ 経緯度座標系 オ 間接参照 カ 直接参照  
<解答欄>

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
カ	オ	イ	エ	ウ	ア

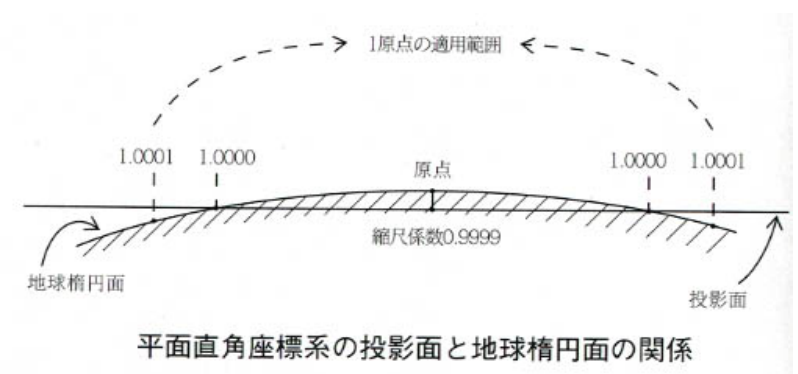
問3. 次の（1）～（2）の設問に答えよ。

（1）「投影法」の定義にはどのようなものが関係するか述べよ。また、経緯度座標の地図について、投影された図と比較せよ。

光源の位置、投影面の形状、準拋楕円体と投影面の位置関係などが関係する。

投影された図は、限られた範囲内ではあるが正角、正距、正積のいずれかを実現加納であるが、投影されていない経緯度座標の地図は、方位、距離、面積のいずれも正確でない

（2）平面直角座標系は、主に地方自治体が作成する大縮尺図の測量・地図成果に使用されており、地籍測量・公共測量・それらに関する地図作成のための特別の座標系で別名 19 座標系とも言われる。なぜならこの座標系は、北方領土を除く日本国土を 19 の座標系に分け、それぞれに原点を設定し、それらの原点を基準としてそれぞれの範囲について、ガウス等角投影（ガウス・クリューゲル図法と同じ）を適用して測量・地図成果が作成されているからである。図を参考にして 19 もの原点を設置しなければならない理由を述べよ。



ある地点における地図投影の歪みによる値と、基準縮尺との違いを表す係数のこと。すなわち「距離の歪みの逆数」をいい、例えば距離の歪みが 1.0001 のとき縮尺係数は 0.9999 となる。地図でいう縮尺は、地上の距離と地図上のその長さとの比で、面積の比ではない。

平面直角座標系の座標軸は、原点を通る子午線を X 軸（縦軸）、原点を通り X 軸に直交する線を Y 軸（横軸）とし、原点座標値は X=0.000m、Y=0.000m で、座標値は北および東方向に増加する。座標軸の X 軸における縮尺係数は 0.9999 とし、原点からもっとも離れた地点でも地図の歪みが 1/10,000 を超えないように原点の配置が設計されている。

問4 次の日本測地系から世界測地系への移行について述べた文章の（a）～（f）にあてはまる最も適切な語句を語群から選んで、ア～カの記号で解答欄へ記せ。

これまで日本でよく使われていた座標参照系は、日本測地系（TokyoDatum）に基づく経緯度座標系と日本測地系に基づく平面直角座標系でした。たとえば、森林計画図は、縮尺 1／5000 の平面直角座標系です。しかし、測量法が改正され、測地基準が移行し 2002 年 4 月 1 日から世界測地系が適用されることとなりました。

世界測地系とは、地球を回転楕円体としてモデル化し、回転楕円体の中心を（ a ） に一致させ、また、回転楕円体の短

軸を地球の（b ）に一致させることによって、座標系と地球との関連づけを定義したものです。なお、世界測地系の定義を日本の陸域において表現したものは、特に、（c ）と呼ばれています。したがって、今後は、日本測地系 2000 に基づく経緯度座標系と日本測地系 2000 に基づく平面直角座標系に移行していくことになります。

世界測地系は、VLBI（遥か遠くにある星からの電波を解析することによって、非常に高精度に測量する技術のこと）や GPS 測量によって明らかとなった地球の正確な形状と大きさに基づき、全世界において最も地表面に沿うような面を持った回転楕円体（d ）を測地基準にしているものです。

一方、日本測地系は、明治時代に採用した（e ）を使用しており、この回転楕円体の中心は地球の重心と一致していません。さらには、（e ）の面が、東京から離れるに従って徐々に高くなっていき、北海道では平均海面よりも約 50m も高くなっていました。

こうした事情により、日本測地系で表されている地点を世界測地系（日本測地系 2000）で表すと、東京付近では、北西方向へ約 450m もずれてしまいます。これは実用上大きな問題です。そのため、世界測地系へ速やかに移行することが望ましいですが、現場では、世界測地系へすぐに切り替えるわけにもいかなかったのが、現在も計画的に変更されつつあります。

なお、GPS 測量で用いている（f ）と世界測地系が用いている ITRF94（International Terrestrial Reference Frame：国際地球基準座標）は厳密には異なりますが、ほとんど同一のものであると見なされています。

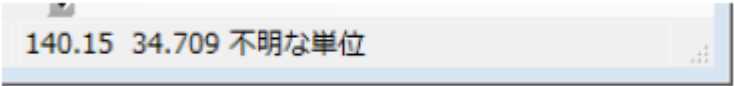
<語群> ア 日本測地系 2000（Japanese Geodetic Datum 2000） イ 地球の重心 ウ ベッセル楕円体 エ 自転軸  
オ WGS84（World Geodetic System 1984） カ GRS80 楕円体

<解答欄>

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
イ	エ	ア	カ	ウ	オ

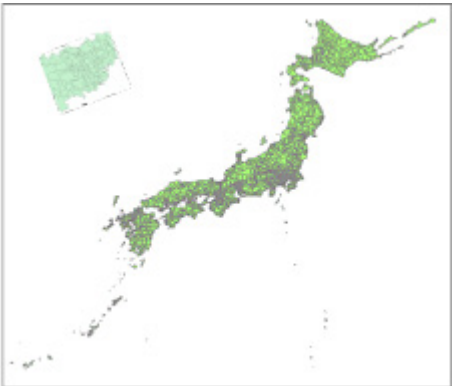
問5 ArcGIS でマップやデータを表示するとき、次の（１）～（７）のような表示になった。このときの原因と地図を正しく表示させるために必要な対処法について述べよ。

（１）ArcMap の右下のステータスバーに記載されている座標値が「不明な単位」となっている



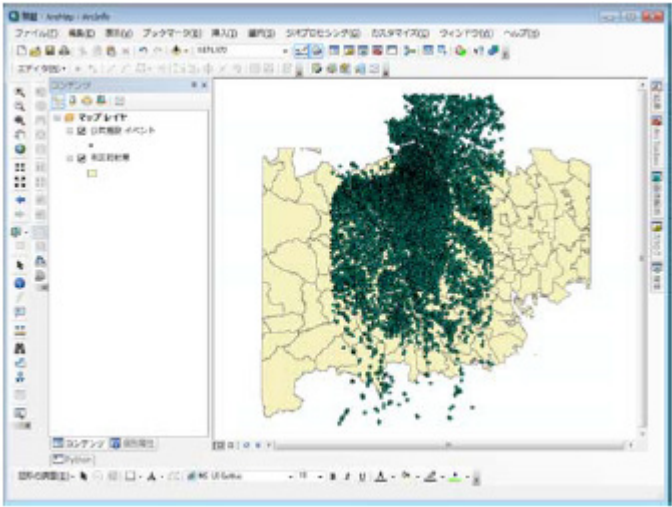
原因	データフレームの座標系やマップ単位が指定されていない。
対処法	ArcMap のデータフレームプロパティで座標系を指定しておくか、正しく定義されたデータを最初に追加して座標系を決定する。

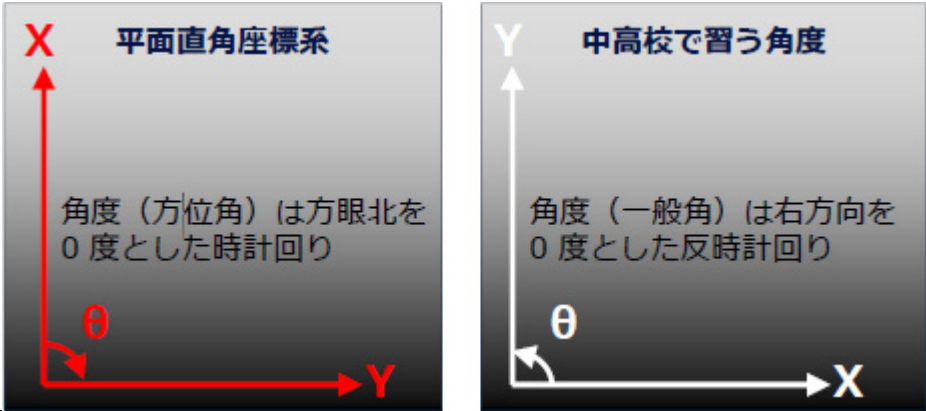
（２）ArcMap のマップに新しいデータを追加すると、全く異なる場所に表示され、全体表示するとマップに何も表示されなくなる。



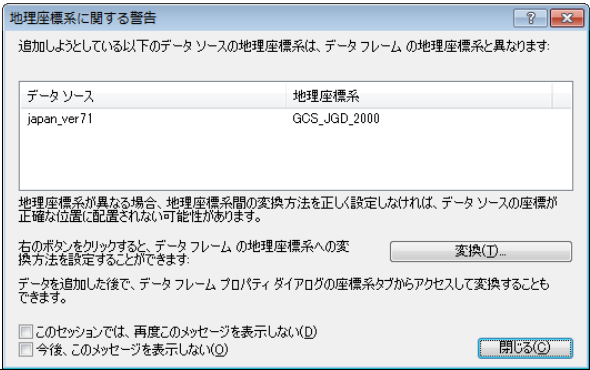
原因	<b>マップやデータに座標系の定義が行われていない。</b> <b>データに座標系が定義されていないと、データに含まれる座標値が地球上のどの位置かを特定することができず、また、マップに座標系が定義されていない場合は、座標系が定義済みのデータであっても正しい表示を行うことができない。</b>
対処法	<b>データの座標系を確認し、未定義の場合は定義する。</b>

（３）[XY データの追加] でデータを追加すると 90 度回転したような形状となってしまう、追加したデータが重ならない。



原因	<b>平面直角座標系のX 軸は南北方向のところを、数学座標系と間違えて入力した。</b> 
対処法	<b>データの追加時に入力する値を (X,Y) から (Y,X) にしてみる。</b>

（４）既存の地図データに新しくレイヤを追加したところ、概ね正しく重なり合っているように見えたが、地図を拡大すると他のレイヤと比べて斜めに“400m～500m”ずれて表示された。データを追加すると、以下のような警告ダイアログが表示された。

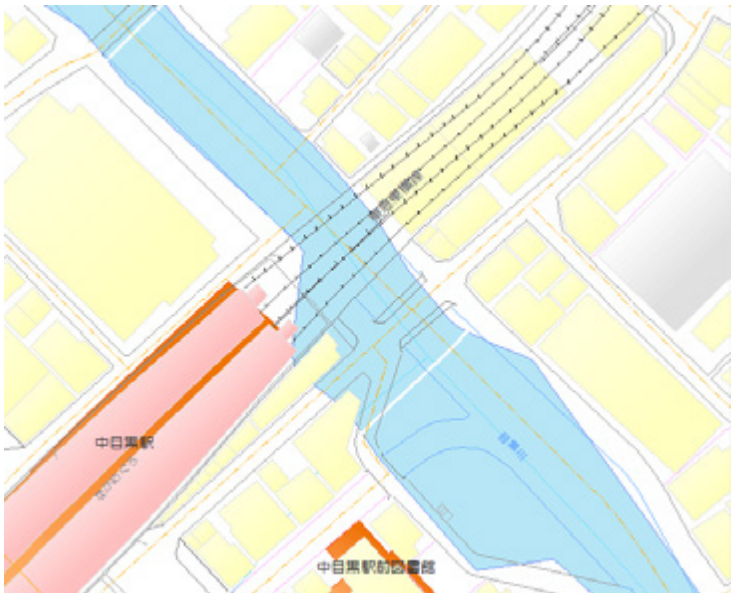


原因	<b>マップの地理座標系（投影座標系内の地理座標系）とデータの地理座標系が異なる。「地理座標系（測地系）が異なる」とは、地球上の位置を計算する基準が異なるということで、“400m～500m”ずれている場合は、日本測地系（旧日本測地系）と世界測地系（日本測地系2000）との違いによるもの。</b>
対処法	<b>[地理座標系変換] によってリアルタイム変換を行うか、ジオプロセッシング→ [投影変換] ツールによってマップの地理座標系（投影座標系内の地理座標系）とデータの地理座標系を揃える</b>

（５）既存の地図データに新しくレイヤを追加したところ、概ね正しく重なり合っているように見えたが、地図を拡大すると他のレイヤと比べて “数m”ずれて表示された。これは測地系の違いによってレイヤの表示がずれるが、地域によってずれの大きさが異なる



る。



原因	測量歪みによる誤差をとりきれていないことが原因である。明治時代の基準点測量を元にした（旧）日本測地系では、現在のような精密測量ができなかったことや、明治時代に整備された（旧）日本測地系から、地殻変動で実際の場所が動いたことなどが原因としてあげられる。（旧）日本測地系から日本測地系2000に移行する際の測量誤差が、離島部は無視できないほど顕著（本土の測量誤差は1m 程度なので、地図の精度や用途によっては無視できるが、一部の島嶼部は数百m ずれており、無視できない）で、石垣島などでは測量歪みが数百mにおよぶ。
対処法	地域毎の歪み誤差を吸収できる、国土地理院が提供する補正パラメータ（「Tokyo_To_JGD_2000_NTV2」）で変換を行う

（6）日本地図が潰れて見えたり、札幌市の街区が斜めに見えたり、地図が歪んでいるように見える。



23

原因	地図が投影されていない。「地理座標系（＝正距円筒図法）」のままで地図を表示すると、高緯度になるほど地図の歪みが大きくなる。
対処法	地図は必ず投影座標系で表示する。例として、日本全国はランベルト正角割円錐図法、都道府県地図は平面直角座標系、UTM 座標系など

問8 友人からもらったエクセルシートの座標値が何の座標系かを知る場合の判断基準や材料について、以下の設問に答えよ。

（1）データの座標値から判断する場合、次の座標値から判断できる座標系と理由を述べよ。

座標	座標系	理由
(139.743344, 35.859775)	地理座標系	X 軸が 120～140 台、Y 軸が 30～40 台である

(-14,880.359, -33,225.126)	平面直角座標系	座標値にマイナス（－）がある
(394,495.521, 3,953,319.506)	UTM 座標系	X 座標が正 6 桁、Y 座標が正 7 桁である

（２）「日本測地系」か「世界測地系」かを判断する方法を２つ述べよ。

データ提供元の書誌情報（メタデータ）を確認する
あらかじめ座標系が分かっているデータと重ね合わせてみてトライアンドエラーで追及する

問 9 測地基準系（測地系）と測地基準点成果（測地成果）について詳しく述べよ。（国土地理院サイト）

●測地基準系（測地系）
測地基準系（測地系）とは、地球上の位置を経度・緯度で表わすための基準で、地球の中心に対する地球の形に最も近い回転楕円体の相対位置を定義したもの。地球の地表面は凹凸が大きいため、地球の形に最も近い扁平な回転楕円体を想定し、この楕円体上に経線・緯線を配置して経度・緯度の測定に関する測量の基準としている。
●測地基準点成果（測地成果）
測地基準点成果とは、基準点の経度・緯度の数値をいう。わが国では、位置の目印になる「基準点」を全国にできるだけ一様になるように設置している。基準点の経度・緯度を求める方法は、 ①測量を行う場合の基準となる 原点（経緯度原点）を設置し、同時に原点における正確な真北の方向を定める。 ②原点に隣接する基準点までの距離と角度を測量することにより、この隣接する基準点の位置関係を求める。 ③手順②を繰り返して最寄りの基準点を求めていき、基準点網（基準点の位置関係）を作成する。 ④地表における基準点網を楕円体の上に投影することにより、楕円体の上で定義されている経度・緯度を求める。

問 10 下枠内の「現在の座標系」の記述は ArcMap のデータフレームプロパティの座標系に関する情報を示したものである。下線部①～⑥について、「○○○は、□□□である」の記述法で説明しなさい。

現在の座標系	解答欄
<u>JGD2000_Japan_Zone_2</u> ① WKID: 2444 出典: EPSG	① 投影座標系は、平面直角座標系第 2 系である
<u>Projection: Transverse_Mercator</u> ② False_Easting: 0.0 False_Northing: 0.0 Central_Meridian: 131.0	② 投影法は、横メルカトル図法である
<u>Scale_Factor: 0.9999</u> ③ Latitude_Of_Origin: 33.0 Linear Unit: Meter (1.0)	③ 平面直角座標系の縮尺係数は、0.9999 である
<u>Geographic Coordinate System: GCS_JGD_2000</u> ④ Angular Unit: Degree (0.0174532925199433) Prime Meridian: Greenwich (0.0)	④ 地理座標系は、GCS_JGD_2000(世界測地系)である (日本測地系 2000)
<u>Datum: D_JGD_2000</u> ⑤ <u>Spheroid: GRS_1980</u> ⑥ Semimajor Axis: 6378137.0 Semiminor Axis: 6356752.314140356 Inverse Flattening: 298.257222101	⑤ 測地基準系は、日本測地系 2000 (D_JGD_2000) である  ⑥ 準拠楕円体は、GRS_1980 である

問 11 ネット上からダウンロードしてきたデータを既存のマップ上に重ねて表示する場合の手順について、留意する点、作業する内容等を明確にして述べよ。

問 12 ネット上から新しくダウンロードしてきたデータを ArcMap で既存のマップ上に重ねて表示しようと、下表に示すような調査を行った。新しいデータが正しく既存のマップにデータが表示されるための手順について述べよ。

新しくダウンロードしてきたデータ

●メタデータ

座標系	TD / (B, L)
-----	-------------

●ArcCatalog で確認したこのデータの投影法の定義

投影法の定義 (Define Projection)

入力データセット、またはフィーチャクラス

G:\H26講義\研究科GIS(R)\20140620\02\_ネットからダウンロードできるデータ\02 国土

座標系

Unknown

既存のマップ

●データフレームプロパティの情報

データ フレーム プロパティ

フィーチャ キャッシュ | アンノテーション グループ | 表示範囲枠 | フレーム | サイズと位置

一般 | データ フレーム | 座標系 | イルミネーション | 格子線

ここに検索文字列を入力

お気に入り

Web メルカトル図法 (球体補正) (Web Mercator (auxiliary))

平面直角座標系 第 7 系 (JGD 2000)

平面直角座標系 第 7 系 (JGD 2011)

日本測地系 (Tokyo)

日本測地系 2000 (JGD 2000)

地理座標系

現在の座標系:

JGD\_2000\_Japan\_Zone\_7

WKID: 2449 出典: EPSG

Projection: Transverse\_Mercator

False\_Easting: 0.0

False\_Northing: 0.0

Central\_Meridian: 137.16666666666667

Scale\_Factor: 0.9999

Latitude\_Of\_Origin: 36.0

Linear Unit: Meter (1.0)

変換(T)...

OK | キャンセル | 適用(A)