

測地系・座標系・投影法の基礎知識

§1 理解する前の基本

- 位置情報 “空間上の位置を一意に決める情報” ⇒ GIS データにとって最重要！
- 重ね合わせ GIS 上で複数のレイヤを正しく重ね合わせるためには、各 GIS データの座標系を正しく設定する必要がある。
場合によっては、収集した GIS データの座標系を変換する必要がある。
- 高さの定義 通常は「標高」が用いられる。
標高 = ジオイド面からの鉛直距離、と定義したが・・・

↳ 地球重力の等ポテンシャル面（重力加速度 980Gal の面）

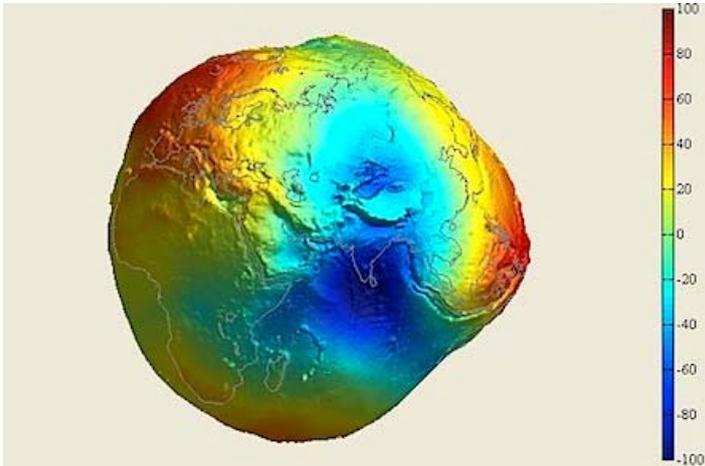
↳ 複雑すぎて、座標計算しにくい



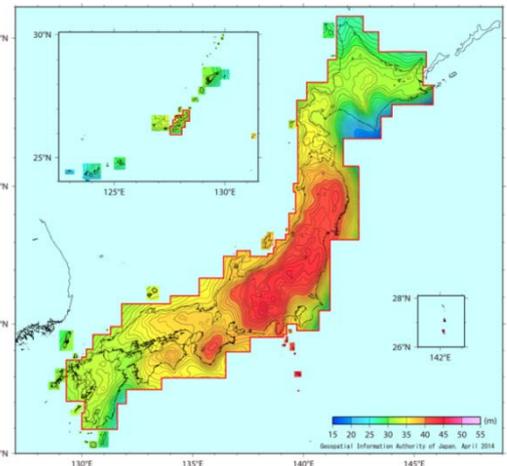
ジオイド面によく似た形をした回転楕円体（地球楕円体）に置き換える



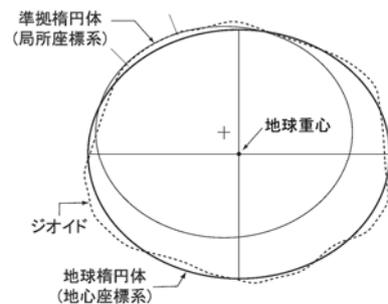
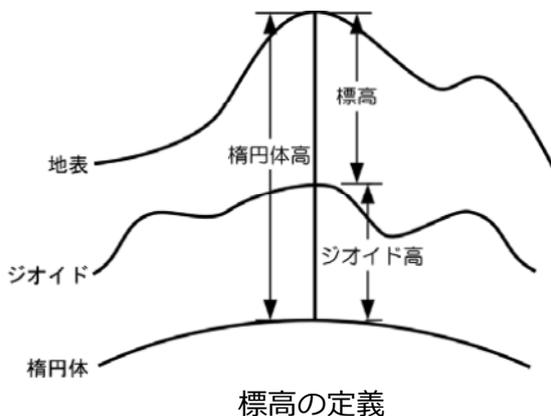
日本付近だけぴったりになるよう重心をズラしてみた（準拠楕円体）



重力の等ポテンシャル面で表した地球のかたち



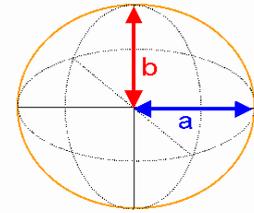
日本付近のジオイド面



回転楕円体と準拠楕円体

●GRS1980 = Geodetic Reference System 1980

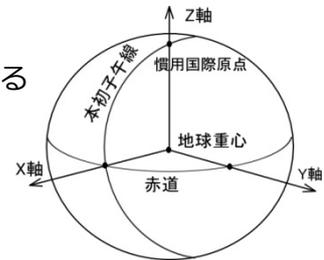
現在採用されている測地系（測地基準系 1980）で、
 実体は、回転楕円体の形状を決定する長半径、扁平率、座標原点の位置を表すパラメータのこと



扁平率 = $(a - b) / a$

- ・長半径 = 赤道半径 6,378,137m
- ・扁平率 $f = a - b / a \approx 1/298.2572221$
- ・座標原点 = ITRF94 座標系を使用→東北震災以降、西日本は ITRF2008 International Terrestrial Reference Frame（国際地球基準座標系）1994 の略語。

- ・ ITRF94 座標系 = 「3次元直交座標系」⇒ 衛星から測位するから！
- ・地球の重心に原点を置く
- ・X軸はグリニッジ子午線と赤道との交点方向にとる
- ・Y軸を東経 90 度の方向にとる
- ・Z軸を北極の方向にとる
- ・空間上の位置を X、Y、Z の数字の組で表現



ちなみに、WGS84(GPS 運用に使われる測地系)の扁平率 $\approx 1/298.2572236$
 これに対し、ベッセル楕円体 (H14 まで使用) の扁平率 $\approx 1/299.1528128$
 ベッセル楕円体をもとにした測地系が、「日本測地系」= **Tokyo Datum** である。

●世界測地系 以下がセットの時に世界測地系と称する（ざっくりとした概念）

- ・ 準拠楕円体は GRS80 楕円体
- ・ 測地座標系は ITRF 94 座標系
- ・ 基準ジオイド面は東京湾平均海面に一致

●日本測地系 2000 = Japanese Geodetic Datum 2000 (JGD2000) = 世界測地系

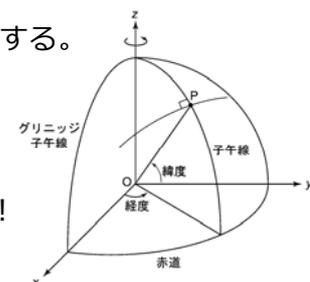
世界測地系は、概念としてはただ一つのものであるが、日本測地系 2000 はそれを日本用にカスタマイズしたもの、である。よって、呼び名は「世界測地系」（ざっくりとした概念を詳細な仕様にするカスタマイズの意味）

- ・日本の事情や基準に合わせた手法及び精度で構築されている。
- ・より精度の高い測地基準系を構築する必要がある場合がある
- ・地殻変動が蓄積したら、測地基準系だけを再構築する。

●位置の定義 ITRF 座標系と経緯度座標系（球面座標系）の関係

ITRF 座標系⇒（変換計算）⇒ 緯度、経度、高さ

- ・地球上での位置把握は、地理学的経緯度の方が簡単！



§2 座標系の基礎知識

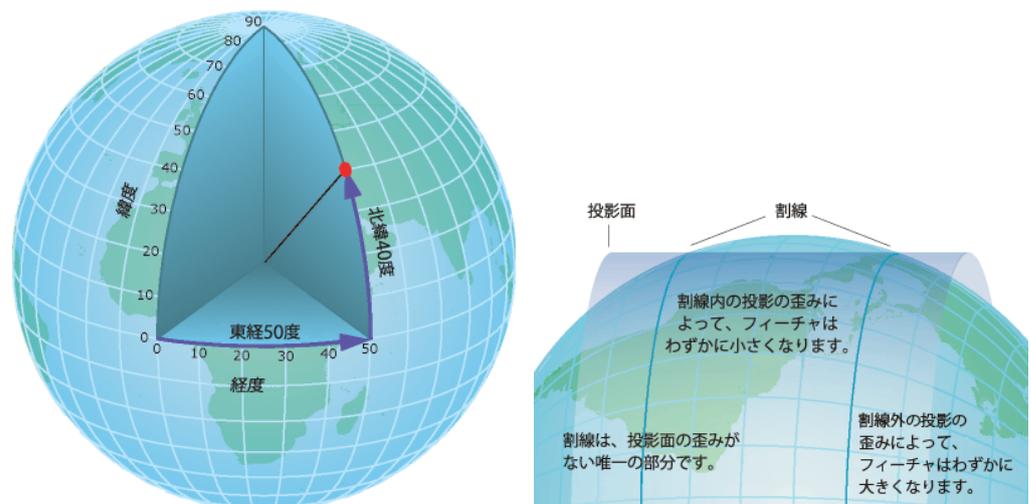
● 2つの座標系

GISで扱う座標系には、地理座標系（GCS）と投影座標系（PCS）がある！
（下図参照）

地理座標系 GCS	3次元座標系（つまり、球面座標系） Geographic Coordinate System	単位は、度
投影座標系 PCS	2次元座標系（つまり、平面座標系） Projected Coordinate System	単位は、メートル

注意すべき点：

- ・地理座標系（GCS）は地球儀のような球体でのみ、面積・距離・方位が正しい
- ・投影座標系（PCS）は、どんな投影法でも面積・方位・距離のいずれかが×だが、誤差を少なくする方法はある



地理座標系（左図）から平面座標系（右図）への投影

● GIS上で、GISデータ（地物レイヤ）を扱う場合の注意

- ・どんなGISデータにもGCSは定義するべし
- ・しかし、PCSが定義されていないGISデータはあってもおかしくない
- ・GCSもPCSもないGISデータは表示できたとしてもダメ
- ・GCSが定義されたGISデータはPCSに変換できる
- ・そもそも、GCS・PCSともに測地系がきちんと定義されていないとダメ
- ・異なる測地系のGISデータを重ね合わせるなら、測地系変換して揃えよ
- ・重ねるすべてのGISデータが同じ測地系・座標系になるようにせよ！

§3 投影座標系の基礎知識

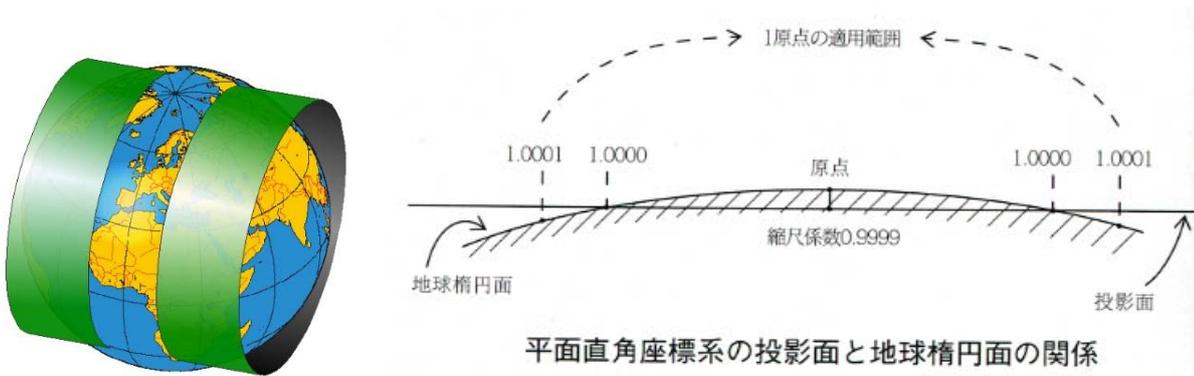
●平面直角座標系

国土調査法施行令

(地図及び簿冊の様式)

第2条 法第2条第6項の規定による地図及び簿冊の様式は、次に定めるところによらなければならない。

一 法第2条第2項から第5項までに規定する地図及び簿冊に示す地点の位置は、地理学的経緯度、別表第1に掲げる平面直角座標系(以下「座標系」という。)による平面直角座標値(以下「座標値」という。)若しくは平均海面からの高さで、又はこれらを併用して、表示するものとする。



平面直角座標系の投影面と地球楕円面の関係

ガウス・クリューゲル図法(横メルカトル)



平面直角座標系の原点の位置

7系の原点は、岐阜県下呂市の川上岳付近
(7系でカバーできる範囲)

富山県、石川県、岐阜県、愛知県

平面直角座標系における測地座標系の定義
平面直角座標系(平成十四年国土交通省告示第九号)の備考欄

座標系のX軸は、座標系原点において子午線に一致する軸とし、真北に向う値を正とし、
座標系のY軸は、座標系原点において座標系のX軸に直交する軸とし、真東に向う値を正とする。

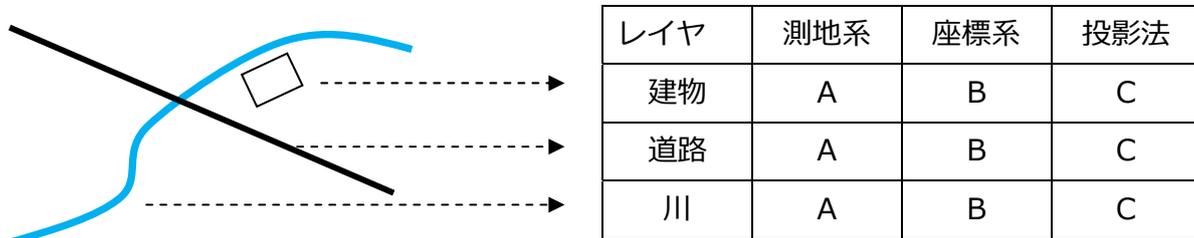
座標系のX軸における縮尺係数に0.9999を与え、東西ともに原点から130km以内を適用範囲としている(1.0000は90km)。座標系原点の座標値は、 $X=0.000\text{m}$ 、 $Y=0.000\text{m}$ とする。

§4 ArcGIS における座標系まわりの概念

● ArcGIS では、測地系、座標系、投影法をひとまとめにして「座標系」と表記している

① 各 GIS データの座標系を確認する

⇒ ArcToolBox—データ管理ツール—投影変換と座標変換—投影法の定義

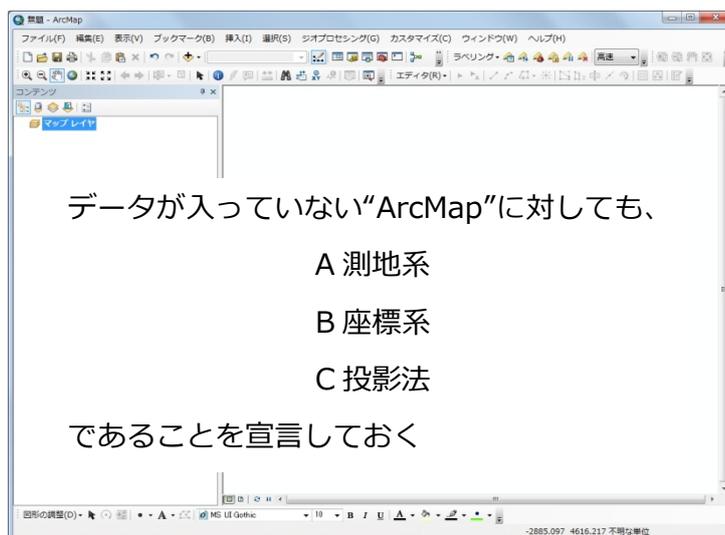


※測地系が異なる場合は、必ず事前に測地系を変換しておくこと

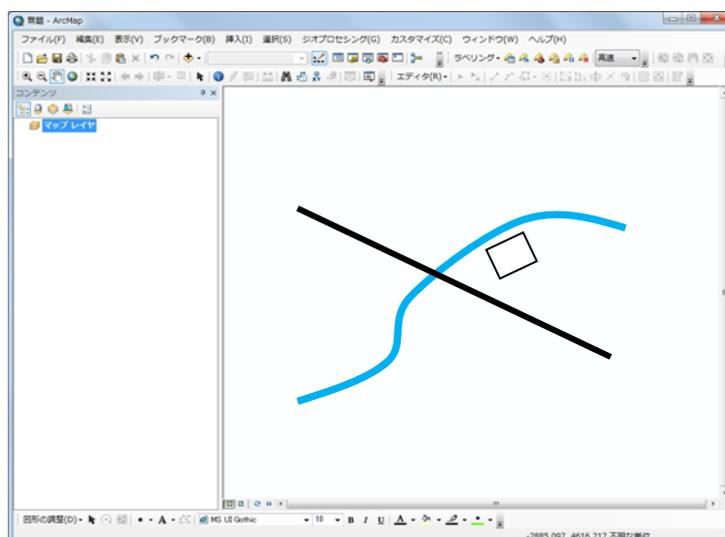
※座標系・投影法が異なる場合は、できるだけ座標変換しておくこと

※データの座標系が不明な場合は、座標系が確実なものと同様に重ね合わせて判断すること

② ArcMap の座標系を設定する

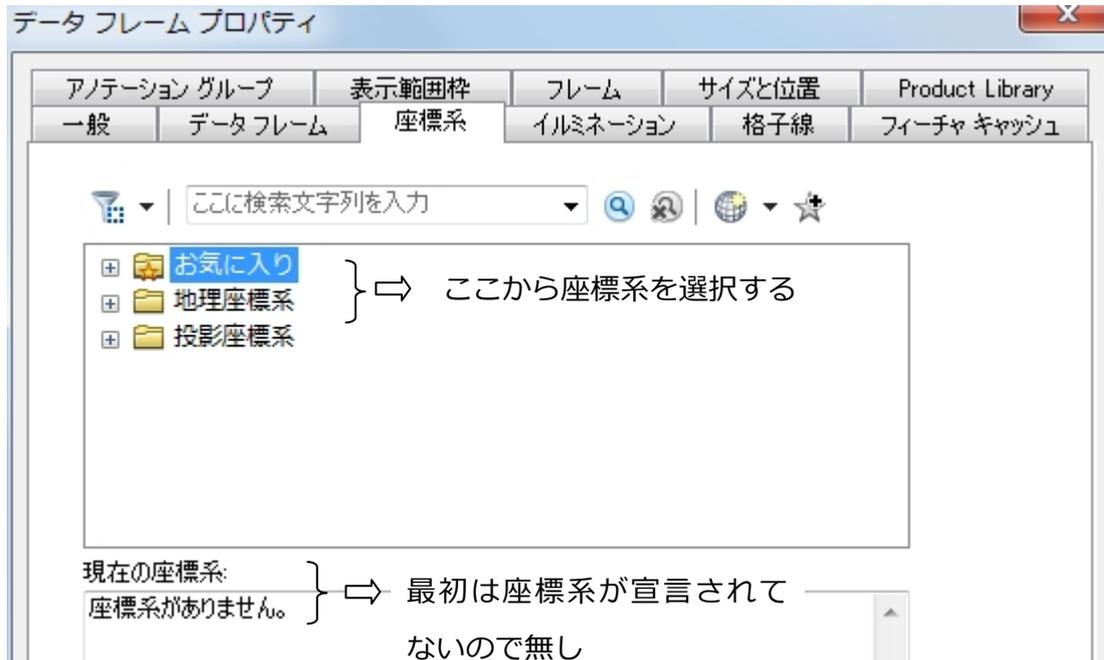


③ GIS データを ArcMap へ追加する



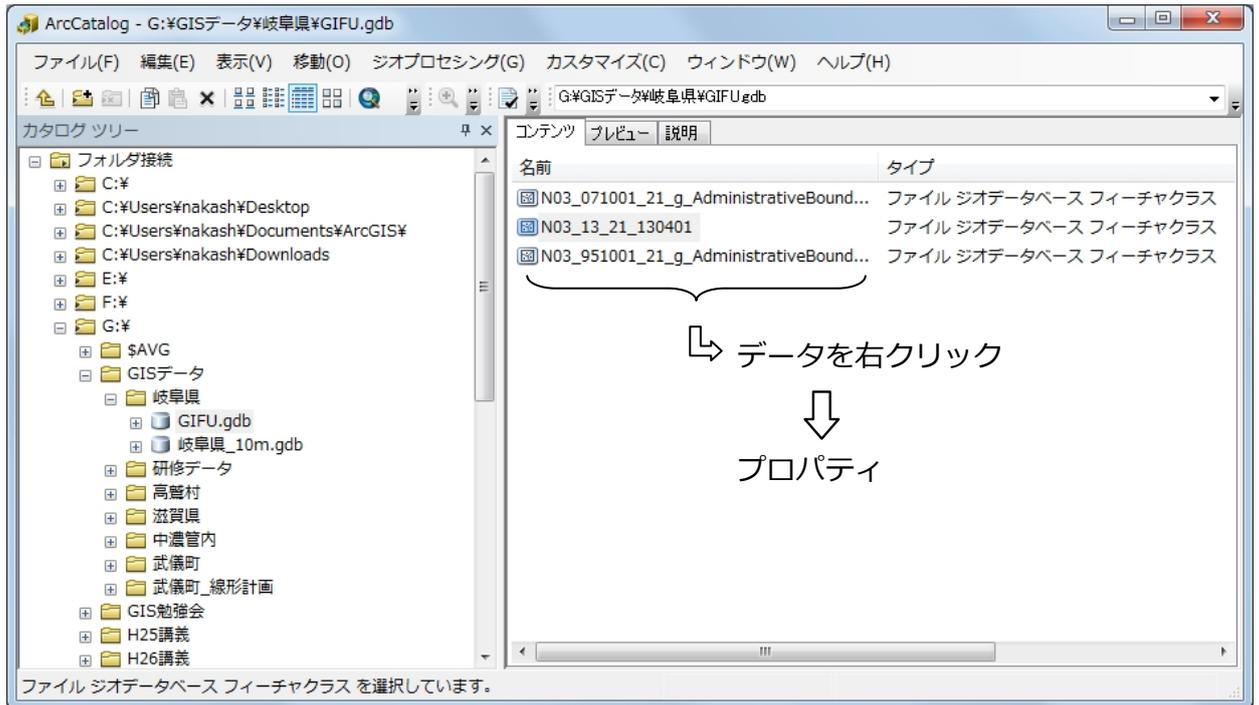
§5 ArcGIS の座標系設定

●ArcMap のデータフレーム

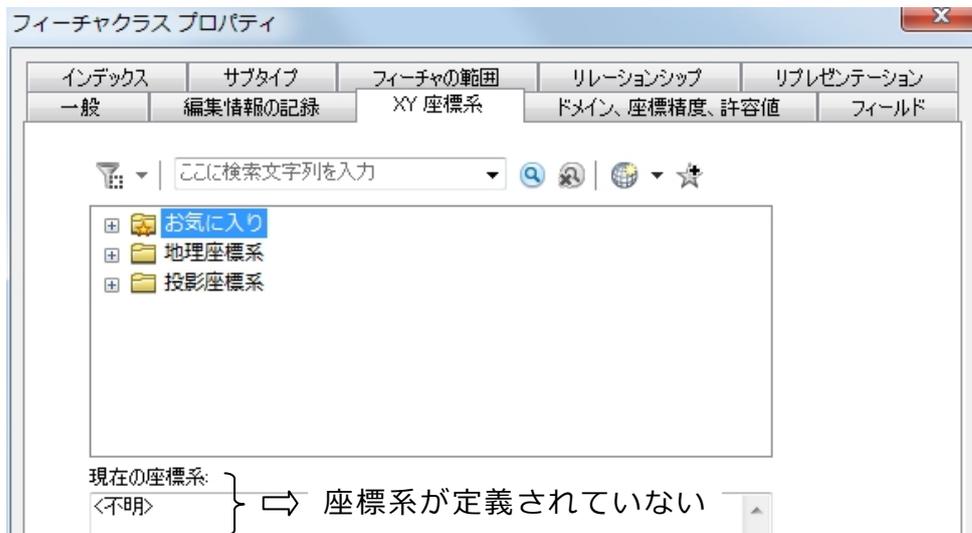


<p>GCS JGD2011 PCS 平面直角座標系 7系</p> <p>以上を翻訳すると、</p> <p style="text-align: center;">▽</p> <p>測地系は、世界測地系で日本測地成果 2011 を使用</p> <p>座標系は、投影座標系で平面直角座標系の 7系</p> <p>投影法は横メルカトル</p>	
<p>GCS JGD2011</p> <p>以上を翻訳すると、</p> <p style="text-align: center;">▽</p> <p>測地系は、世界測地系で日本測地成果 2011 を使用</p> <p>座標系は、地理座標系の緯度経度で表される、つまり、投影されていないので距離測定などは要注意！！</p>	

●ArcCatalog で表示される各データ



・データに座標系が定義されていない場合

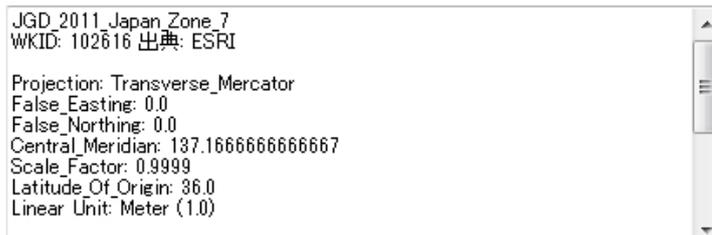


ので、「不明」と表示

・データに座標系が定義されている場合

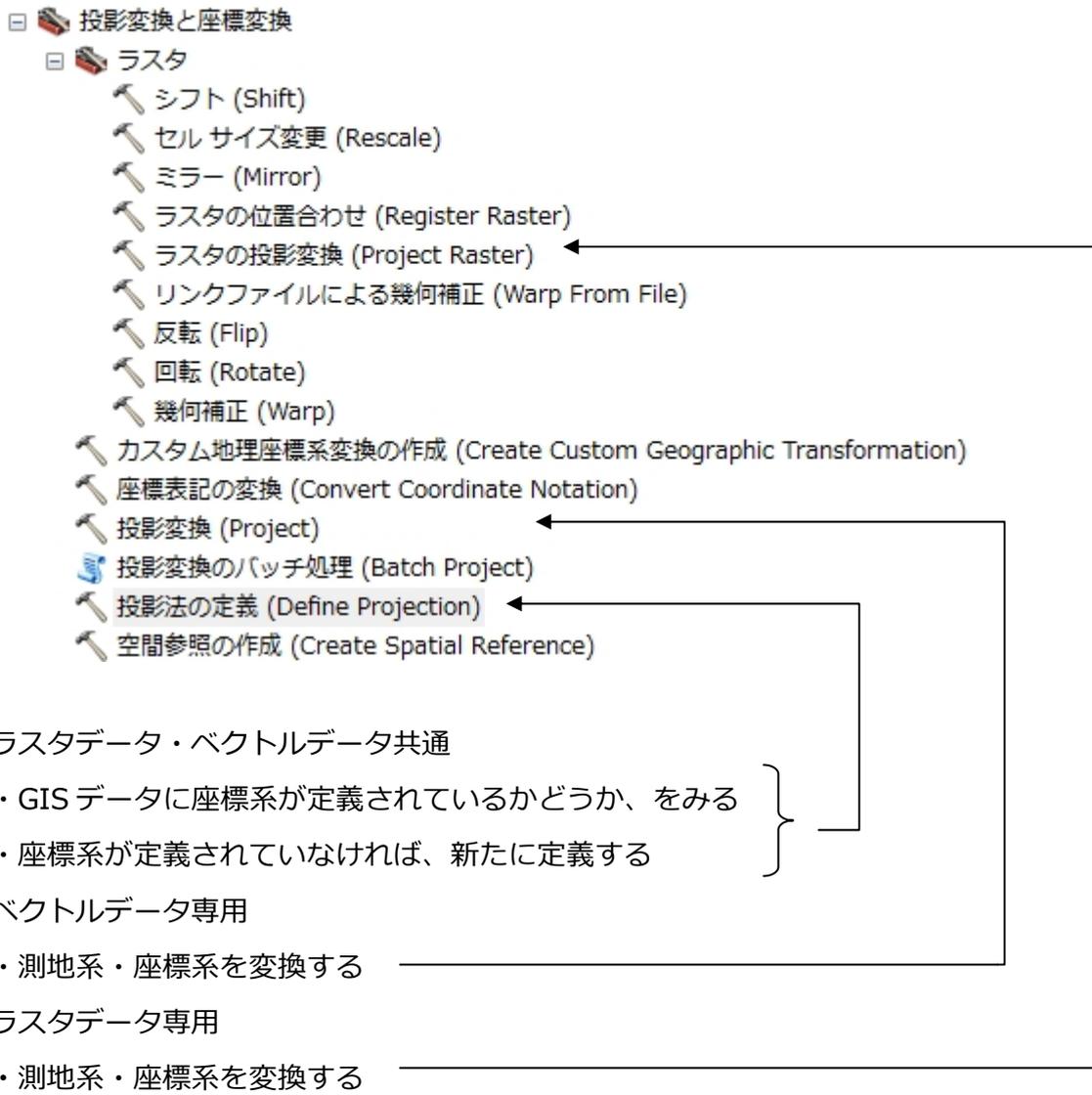
ArcMap のデータフレームと同様に表示される

現在の座標系:



§6 ArcToolBox の投影変換と座標変換ツール

ArcToolBox—データ管理ツール—投影変換と座標変換—各ツールの役割は以下の図参照



§7 作図と座標系の関係 予備演習

問題1 ArcMap を開いて、座標 (0,0) に点を作図せよ。

問題2 北緯 35 度 0 分 0 秒、東経 136 度 0 分 0 秒に点を作図せよ。

問題3 平面直角座標系 7 系の原点 (0,0) を作図せよ。