

大項目	1	地図や地理情報システムで捉える現代世界			
中項目	1-2	地図と地理情報システム			
小項目	1-2-1	電子地図(デジタル地図)と紙地図の違いを学ぶ(地理情報システム活用時の注意点)			
細項目 (発問)	1-2-1-4 空間参照系	地理座標系と投影座標系の違いは理解して GIS を使おう。(空間参照系)			
作成者名	橋本 雄一	作成・修正年	2017/2021/2022/2023/2024	Ver.	1.4
キーワード	UTM 図法, メルカトル図法, 地理座標系, 投影座標系, 平面直角座標系, Web メルカトル, 地形図				

発問と説明

(1) UTM 座標系とは何ですか。

1-1 地形図に使われている UTM 図法

国土地理院発行の 1 万分 1 地形図, 2 万 5 千分 1 地形図, 5 万分 1 地形図, 20 万分 1 地勢図は UTM 図法(ユニバーサル横メルカトル図法)という図法で描かれています。(ただし, 20 万分 1 地勢図の一部は多面体図法)この UTM 図法とは, 国際的に標準化された地図投影法の一つで, 主に中縮尺のための図法として用いられます。

UTM 図法は, 赤道に接する円筒に地球を投影するメルカトル図法の一つです。メルカトル図法の地図は, 経線と緯線が直交し, 等角航路を直線で表すことができます。この図法の特徴は角度が正しく, 狭い範囲に限定するならば比較的正しい形の地図を描画できることです。しかし, メルカトル図法には, 緯度によって縮尺が変化し, 特に高緯度地方は著しく拡大されるため世界地図には向かないという欠点がありました。

そこで, この欠点を克服する方法として UTM 図法が考案されました。この UTM 図法は, 子午線に接する円筒に地球を投影する図法です(図 1)。この図法では, 緯度による縮尺の変化を考えずにすみ, 高緯度地方でも比較的正確な形を表すことができます。ただし, この方法だと基準とする経度から東西方向に離れるほど歪が大きくなってしまいます。そこで, UTM 図法は北緯 84 度から南緯 80 度の間の地域を 6 度ごとの経線で 60 のゾーンに分割し, 赤道と中央経線の交点を原点として投影を行います。これらのゾーンは, 経度 180 度の線を始発線とし, 西から東に向かって第 1 帯, 第 2 帯, …, 第 60 帯と名付けられています。各ゾーンの中央を通る経線が中央経線であり, この中央経線の両側にある 3 度の範囲が平面上にガウス・クリューゲル図法によって投影されます。

このようにゾーン分けすることで, それぞれの範囲で歪みの少ない地図を描くことができます。そのため, 同じゾーン内であれば何枚地図をつなげても一枚の平面図として扱うことができます。この UTM 図法の地図に, 南北方向の線と東西方向の線を等間隔に描いて直交座標設定をしたものが UTM 座標系です。この座標系では, メッシュを等面積に作れることから統計地図などを作成する場合などに便利です。

1-2 防災でも利用されている UTM 座標系

日本が属する UTM 座標帯は 6 ゾーンあり, それらの中央経線は第 51 帯では東経 123 度, 第 52 帯では東経 129 度, 第 53 帯では東経 135 度, 第 54 帯では東経 141 度, 第 55 帯では東経 147 度, 第 56 帯では東経 153 度となります(図 2)。東京特別区や札幌市は第 54 帯, 大阪市や名古屋市は第 53 帯, 福岡市は第 52 帯の地図として描かれます。

UTM 図法の座標系では, 中央経線が X 軸であり北方向に進むと座標値が増加します。また, 赤道が Y 軸であり, 東方向に進むと座標値が増加します。各ゾーンにおける原点は, 赤道と中央経線の交点であり, 北半球に対しての原点座標値は $X=0\text{m}$, $Y=500,000\text{m}$, 南半球に対しての原点座標値は $X=10,000,000\text{m}$, $Y=500,000\text{m}$ となります。これは, 負の座標値を作らず, すべての位置を正の座標値で表すための措置です。

自衛隊など一部の防災機関では, 災害時における位置特定のために, UTM グリッド(UTM 図法で作られた地図上のメッシュ)を利用しています。UTM グリッドごとに番号を設定し, それを利用した UTM グリッドポイントで位置情報をやり取りする仕組みが整えられています。なお, この UTM グリッドや UTM グリッドポイントは, 地理院地図で簡単に確認することができます(図 3)。

図と表のページ

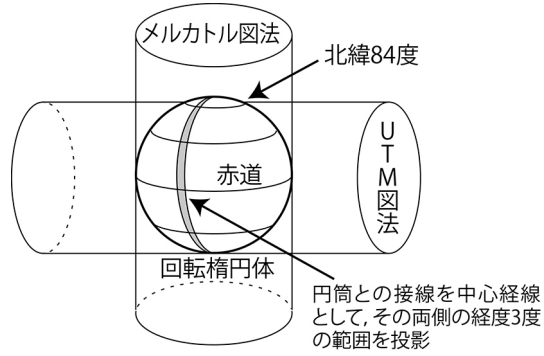


図1 メルカトル図法とUTM図法

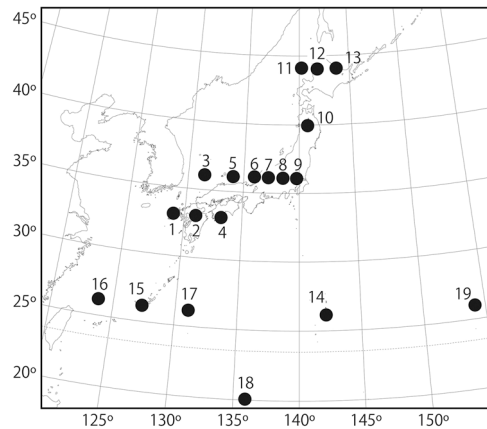


図2 日本周辺におけるUTM座標系の適用区域

UTMグリッド 中央十字線

54TWN28006700

グリッド南西のポイント

あ 北海道札幌市中央区北二条西五丁目 (付近の住所。正確な所属を示すとは限らない。)
 43度3分49.60秒 141度20分53.86秒 43.063777,141.348295 ズーム: 14
 UTMポイント: 54TWN28356795
 標高: 19.0m (データソース: DEM5A)

図3 地理院地図におけるUTMグリッドの表示

(2)地理座標系と投影座標系の違いはなにですか

2-1 地理座標系とは何ですか

地球の形は回転楕円体ととらえることができます。その地球上の特定の位置を表すために使われるのが、緯度と経度という地理座標です (図 4)。これらの値で位置を表現する仕組みを「地理座標系 (Geographic coordinate system)」といいます。

地理座標系では、地球の形として採用する楕円体 (準拠楕円体) が異なると、座標も違ったものになります。現在、日本の基準となっている世界測地系は、国際地球回転・基準系事業 (IERS) が構築している ITRF (International Terrestrial Reference Frame : 国際地球基準座標系) に基づいており、準拠楕円体として測地基準系 1980 (GRS80) 楕円体が採用されています (小白井, 2010)。この楕円体は、長半径 6,378,137m, 扁平率 1/298.257222101 の楕円体であり、その中心が地球の重心、短軸が地球の自転軸と一致しています (参考 url 1) (図 5)。

2-2 地理座標系は投影座標系と何が違うのですか

この地理座標系で位置を正確に表すことはできますが、GIS などにより平面上での分析を行うのは困難です。これは、緯度や経度の度分秒で表現される間隔は同じであっても、メートルなどの距離に置き換えると違う値になるためです。例えば、経度 1 秒あたりの長さは、赤道付近では約 31m ですが、北極や南極では 0m になります。

また、普通の生活において経度や緯度で位置を表現することは多くありません。通常、私たちは「東京駅まで距離 300m」といった表現をします。さらに、地球を地球儀のように球体のまま縮小して表すのではなく、平面の紙に描く場合には必ず歪みが生じ、距離、角度、面積、方位といった情報を全て正しく表示することは不可能です。

そこで、誤差を少なくし、2次元平面に置き換える方法として、UTM 座標系のような投影座標系が考え出されました。この投影座標系は、地理座標系の経緯度を平面上に投影し、独自の座標に変換したものです。投影座標系では、投影方法の違いにより、投影された地図の精度や範囲が異なるので、目的により使い分ける必要があります。日本では、大縮尺地図 (1/500~1/5,000 程度) では日本独自の平面直角座標系、中縮尺 (1/10,000~1/50,000 程度) では UTM 座標系が多く利用されています。

2-3 平面直角座標系とはなんですか

GIS で頻繁に用いられる平面直角座標系は、日本全土に 19 カ所の原点を設定し、それら原点からの距離を XY 座標値として扱う座標系です (図 6, 表 1)。この座標系は、日本の公共測量で利用されることから公共測量座標系ともいわれます。

座標系の原点は、日本全国において投影時の誤差をできるだけ少なくするように配置され、どの原点がどの地域に対応するかは、基本的に都道府県単位で決められています。ただし、北海道のように面積の広い地域や、東京都や沖縄県のように広い範囲に島嶼部のある地域に関しては、原点は自治体によって異なります。もし、GIS で地域に対応した原点ではなく、遠く離れた原点を選んだ場合、歪みの大きな地図が描画されるので注意して下さい。

2-4 地理院地図の投影法は何ですか

現在では、誰もが、いつでもインターネットで地図を手軽に見ることができます。例えば 2013 年 10 月から国土地理院が提供している地理院地図は、Web ブラウザ上でシームレスに地図を表示でき、縮尺レベルも自由に変更できるため非常に便利です (参考 url2)。この地理院地図は、これまでに紹介した投影法ではなく、「Webメルカトル」という投影法が用いられています。

地球上の位置 = 地理座標 (緯度, 経度)

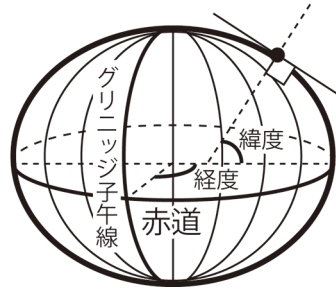


図4 地理座標

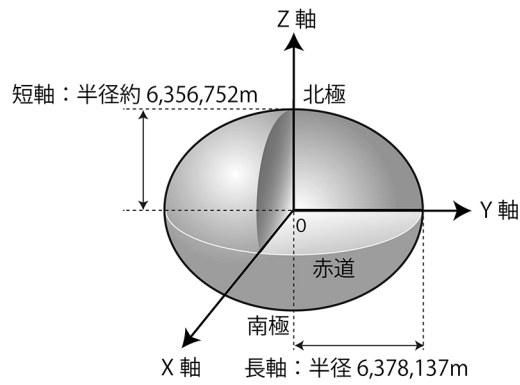


図5 地理座標系のための準拋楕円体

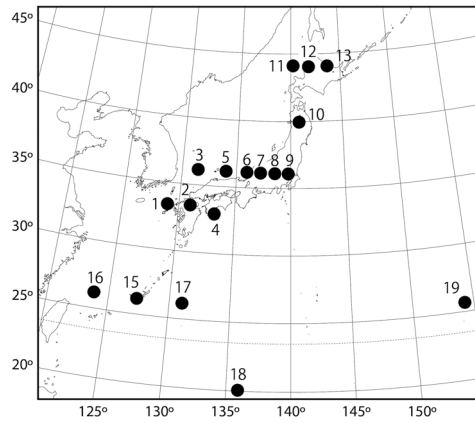


図6 平面直角座標系の原点
国土地理院Webサイトにより作成。

Webメルカトルは、メルカトル図法の一つであり、地球上の北緯約85度から南緯約85度までの範囲を正方形として表現する投影法です。この投影法を最初に採用したのはGoogleであり、インターネットを通じて地図をタイル画像(数種類の縮尺ごとに作成されたタイル形状の地図画像)として高速で表示させるのに都合が良いため、Webメルカトルが用いられました(図7)。現在では、Webブラウザで公開される多くの地図で、この投影法が採用されています。

Webメルカトルで描かれた地図で注意すべきことは、同一画面であっても、場所によって縮尺が異なるということです。ここが、国土地理院が発行する紙の地形図や地勢図と大きく違うところです。前述したとおり、メルカトル図法では高緯度ほど距離や面積が拡大されます。そのため、Webメルカトルで描かれたインターネット上の地図は、同じ画面内であっても高緯度ほど拡大して表示されます。

なお、同じWebメルカトルで描かれていても地理院地図とGoogleマップは測地系が異なるため重ね合わせることはできません。地理院地図の測地系(日本国内)は世界測地系(JGD2011)です。しかし、Googleマップで採用されている地球楕円体は、長半径(赤道半径)と短半径(極半径)が同じ6,378,137.0mという球体です。地図の座標系は、測地系と投影法の両方が関係します。地理院地図とGoogleマップは、投影法は同じでも測地系が異なるため、異なる座標系の地図になります。

参考 url (2024年2月参照)

参考 url1 https://www.gsi.go.jp/sokuchiki_jun/datum-main.html 日本の測地系

参考 url2 <https://maps.gsi.go.jp/> 地理院地図

参考文献

小白井亮一(2010):『わかりやすいGPS測量』オーム社.

財団法人日本地図センター編(2003)『新版 地図と測量のQ&A』財団法人日本地図センター.

飛田幹男(2004):『世界測地系と座標変換』日本測量協会.

橋本雄一編(2023):『「地理総合」とGIS教育—基礎・実践・評価』古今書院.

橋本雄一編(2022):『六訂版 GISと地理空間情報—ArcGIS Pro 3.0の活用』古今書院.

羽田康裕(2021):『地図リテラシー入門』ベレ出版.

政春尋志(2011):『地図投影法—地理空間情報の技法』朝倉書店.

表1 平面直角座標系の原点および適用範囲

系番号	座標系原点の経緯度		適用区域
	経度 (東経)	緯度 (北緯)	
1	129度30分0秒0000	33度0分0秒0000	長崎県 鹿児島県のうち北方北緯 32 度南方北緯 27 度西方東経 128 度 18 分東方東経 130 度を境界線とする区域内 (奄美群島は東経 130 度 13 分までを含む) にあるすべての島、小島、環礁及び岩礁
2	131度0分0秒0000	33度0分0秒0000	福岡県 佐賀県 熊本県 大分県 宮崎県 鹿児島県 (1系に規定する区域を除く)
3	132度10分0秒0000	36度0分0秒0000	山口県 島根県 広島県
4	133度30分0秒0000	33度0分0秒0000	香川県 愛媛県 徳島県 高知県
5	134度20分0秒0000	36度0分0秒0000	兵庫県 鳥取県 岡山県
6	136度0分0秒0000	36度0分0秒0000	京都府 大阪府 福井県 滋賀県 三重県 奈良県 和歌山県
7	137度10分0秒0000	36度0分0秒0000	石川県 富山県 岐阜県 愛知県
8	138度30分0秒0000	36度0分0秒0000	新潟県 長野県 山梨県 静岡県
9	139度50分0秒0000	36度0分0秒0000	東京都 (XIV系、XVIII系及びXIX系に規定する区域を除く) 福島県 栃木県 茨城県 埼玉県 千葉県 群馬県 神奈川県
10	140度50分0秒0000	40度0分0秒0000	青森県 秋田県 山形県 岩手県 宮城県
11	140度15分0秒0000	44度0分0秒0000	小樽市 函館市 伊達市 北斗市 北海道後志総合振興局の所管区域 北海道胆振総合振興局の所管区域のうち豊浦町、壮瞥町及び洞爺湖町 北海道渡島総合振興局の所管区域 北海道檜山振興局の所管区域
12	142度15分0秒0000	44度0分0秒0000	北海道 (XI系及びXIII系に規定する区域を除く)
13	144度15分0秒0000	44度0分0秒0000	北見市 帯広市 釧路市 網走市 根室市 北海道オホーツク総合振興局の所管区域のうち美幌町、津別町、斜里町、清里町、小清水町、訓子府町、置戸町、佐呂間町及び大空町 北海道十勝総合振興局の所管区域 北海道釧路総合振興局の所管区域 北海道根室振興局の所管区域
14	142度0分0秒0000	26度0分0秒0000	東京都のうち北緯 28 度から南であり、かつ東経 140 度 30 分から東であり東経 143 度から西である区域
15	127度30分0秒0000	26度0分0秒0000	沖縄県のうち東経 126 度から東であり、かつ東経 130 度から西である区域
16	124度0分0秒0000	26度0分0秒0000	沖縄県のうち東経 126 度から西である区域
17	131度0分0秒0000	26度0分0秒0000	沖縄県のうち東経 130 度から東である区域
18	136度0分0秒0000	20度0分0秒0000	東京都のうち北緯 28 度から南であり、かつ東経 140 度 30 分から西である区域
19	154度0分0秒0000	26度0分0秒0000	東京都のうち北緯 28 度から南であり、かつ東経 143 度から東である区域

国土地理院 Web サイトにより作成。

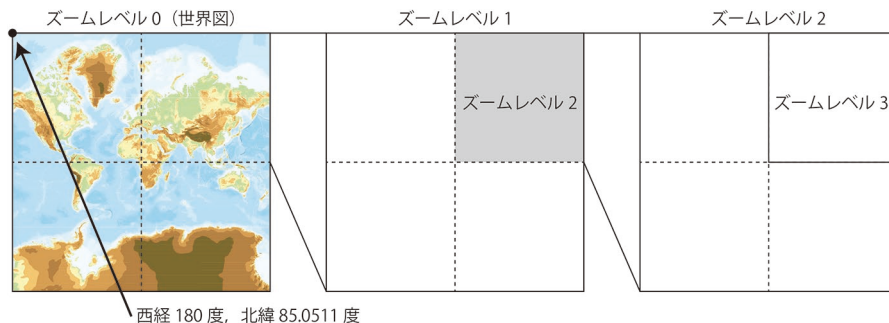


図7 地理院地図のタイル画像