

## 森林・林業のための情報・ICT 技術 2

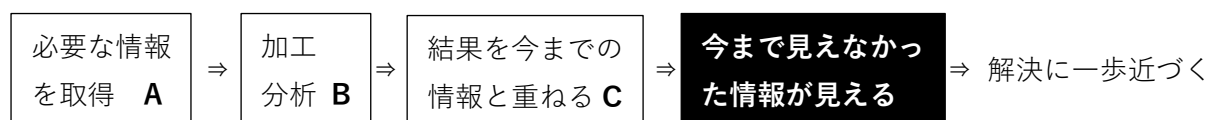
## はじめに

森林・林業の分野は、あらゆる点で旧来のやり方から新しい方法へ転換、移行しつつあります。それは、現場の調査や労務作業であっても、デスクワークであっても、様々な情報の扱い方が ICT 技術を介して行われることが多くなってきたからです。

たとえば、昔なら現場作業は超ベテランの親方のやり方を見て覚えよ、といていたのですが、今ではそれらを数値化したりデータベースに登録したりして、全くの初心者でさえそのノウハウを簡単に引き出すことができるようになってきました。現状はまだまだ細かい点まで ICT 技術に頼ることはできませんが、いずれ技術の進歩とともに「こういうことができたらいいのにね」ということも実現されていくことでしょう。

この講座を受講するみなさんには、主に地理情報システム（Geographic Information System）を使って森林・林業における課題解決が自分でできるようにするプログラムを提供します。社会に出て森林・林業関係の仕事に就いた時、おそらくいろいろな解決すべき課題がでてくるでしょう。その課題解決に際して、どんな材料を用意してどう料理していけばよいか、この講座を受講した方なら「ああ、その答えなら GIS をこう使えば簡単にでてくるんじゃない？」と言えるようになっていただけたらと思います。

森林・林業の現場実務では、課題があればまずその課題についての情報を集め、それらについて足したり引いたり、とことん検討します。それを繰り返すことによって、何らかの手がかりを得られれば、解決に一步近づいたと考えます。この作業を各方面から納得いくまで繰り返していけば、課題解決に至るものと確信しています。



情報の取得、つまり情報の入力系でも ICT 技術は進歩しています。この講座では簡易 GPS を使用しますし、情報の加工系では前述した GIS やコンピュータを使用します。みなさんには、これら ICT 機器を上手に使いこなしていただけるようになることが本講の目的です。

- ☆ 「GIS を使えるようになる」ということは、「コンピュータを使いこなす」ことが必須
- ☆ 「GIS を使って目的とする仕事をする」ということは、「コンピュータが有する演算能力を活かし、それを道具として作業する」ということ
- ☆ 講義は、コンピュータの実技（GPS・GIS ソフト・スマホ等の操作）を通じて地図作成理論や知識を学ぶ方式で行う

## 目 次

### 第1講 (5月13日 月曜日)

- |       |                              |
|-------|------------------------------|
| 1 時限目 | (座学) オリエンテーション、森林・林業の ICT 利用 |
| 2 時限目 | (座学) 測量などの基礎知識、地図情報の見方       |
| 3 時限目 | (座学) GIS オリエンテーション、森林簿の基礎知識  |
| 4 時限目 | (演習) GIS で森林作業道をつくる          |

### 第2講 (5月14日 火曜日)

- |       |                               |
|-------|-------------------------------|
| 1 時限目 | (演習) ArcGIS の使い方…例題で基本操作を習得する |
| 2 時限目 | 〃                             |
| 3 時限目 | (演習) ArcGIS の使い方…例題で応用操作を習得する |
| 4 時限目 | 〃                             |

### 第3講 (5月20日 月曜日)

- |       |                       |
|-------|-----------------------|
| 1 時限目 | (演習) 実務で役に立つGISの操作演習  |
| 2 時限目 | 〃                     |
| 3 時限目 | (演習) つながるためのクラウドGIS体験 |
| 4 時限目 | 〃                     |

### 第4講 (6月3日 月曜日)

- |       |                       |
|-------|-----------------------|
| 1 時限目 | (演習) スマートフォンと GIS の連動 |
| 2 時限目 | 〃                     |
| 3 時限目 | 〃                     |
| 4 時限目 | 〃                     |

※上記は予定である

ご紹介 1 投資を林業の世界に呼び込む

9 地域経済 11 版 2019 年(平成 31 年)4 月 25 日(木曜日)

中

# 森林信託 ドローンの目

## 三井住友信託と信大ベンチャー



山林を空中から撮影するのに使う精密林業計測のドローン＝同社提供

空中撮影した山林を独自技術で解析し、導き出した木のデータ



小型無人機「ドローン」による空中撮影が林業の現場で役立っている。国内に増加傾向にある未利用の山林を生かそうと、三井住友信託銀行（東京）は本年度、所有者に代わり山林資源を運用する「森林信託」サービスを開始。ドローンによる分析技術にたけた信州大発ベンチャー「精密林業計測」（長野県南箕輪村）に、樹種や木の大きさといった運用に不可欠な森林の価値を見極める調査を委託している。

（竹田弘毅）



森林信託は、銀行が受託者として土地の名義人になり、森林の運用を代行する仕組み。銀行は、森林資源を活用したビジネスを林業事業者などに任せ、そこから得た利益を元の所有者と分配する。木材の伐採だけでなく、キノコ栽培や水力発電といった利用も想定する。同行によると、金融機関による商業目的での森林信託事業は国内初。林野庁によると、スギやヒノキなどが植えられた国内の人工林の半数が植林後、五十年以上経過し、木材として伐採に適した大きさに成長している。だが、国産材の需要減や所有者の高齢化で活用されていない山林が増加。未利用の木は、全国に五十二億立方メートルあり、ナゴヤドーム約三千個に相当するという。

精密林業計測は、信大農学部が開発した計測や解析の技術を

## 樹種や高さ分析 資産価値を判断

実用化する目的で、二〇一七年に設立。空中から撮影した山林のデータを独自技術で解析し、木の種類や高さ、太さなどを測る技術に強みを持つ。斜面など地面の状況まで記録できる高性能レーザーセンサーを備えたドローンもそろえる。分析結果は、山林の資産価値の把握だけでなく、伐採後の搬出路を整備する位置を事前に検討することにも役立つ。

こうした調査は従来、人が森林に立ち入って実施。だが、下草が生い茂る山中に入るとの調査は危険な上、労力が必要になる。その一方、計測精度は決して高くない。上空から調べるにも、広範囲なら航空機が効果的だが、比較的狭い範囲を安価に調べるにはドローンが最適だという。

精密林業計測は、自治体の依頼を受けて森林の計測をするほか、病虫害の拡大状況を空中から調べる事業を手掛ける。竹中悠輝社長は「山林の情報を効率的に収集することで、林業の成長産業化を目指したい」と話す。



## ご紹介2 ICT等の先端技術を森林で活用

森林資源の把握

森林境界の把握

木材生産の計画・管理

伐採

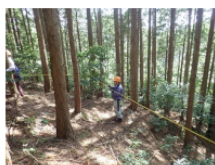
集材・運搬（流通）

北信州森林組合（長野県）

H30年度実証成果

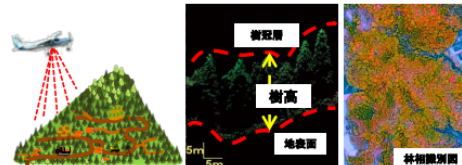
### 導入技術 航空レーザ計測による単木解析

従来方法



・森林組合等が標準地調査  
→10ha当たり6人・日

ICTの活用



・航空機からレーザ光を照射し、広域かつ詳細な森林資源量（単木毎の本数、樹高、位置等）を計測  
→10ha当たり2人・日

効果



・約67%の省力化

やまぐちスマート林業実践対策地域協議会（山口県）

H30年度実証成果

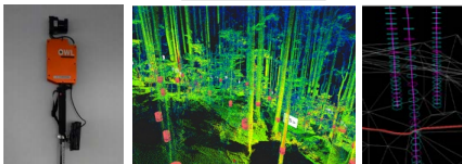
### 導入技術 地上レーザ計測による単木解析

従来方法



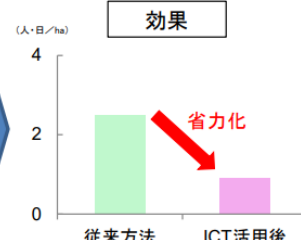
・森林組合等が毎木調査  
→1ha当たり2.5人・日

ICTの活用



・林内で放射状にレーザを照射し、詳細な森林資源量（単木毎の胸高直径、樹高、材積、曲がり等）を高精度で計測  
→1ha当たり0.9人・日

効果



・約64%の省力化

森林資源の把握

森林境界の把握

木材生産の計画・管理

伐採

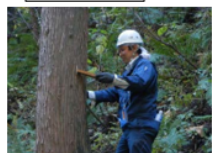
集材・運搬（流通）

スマート林業タスクフォース  
NAGANO（長野県）

H30年度実証成果

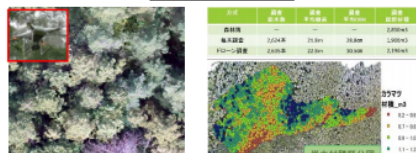
### 導入技術 ドローン画像による単木解析

従来方法



・森林組合等が毎木調査  
→10ha当たり49人・日

ICTの活用



・航空レーザ計測の地形データと汎用ドローンによる画像解析により、単木ごとの樹種、樹高、位置等を計測  
→10ha当たり9人・日

効果



・約81%の省力化  
・約36%の費用削減効果

森林資源の把握

森林境界の把握

木材生産の計画・管理

伐採

集材・運搬（流通）

いしかわスマート林業推進  
協議会（石川県）

H30年度実証成果

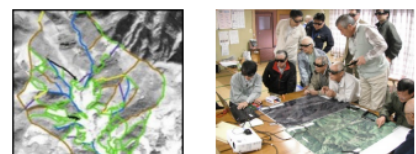
### 導入技術 空中写真立体視ソフト

従来方法



・森林組合等が現地立会等  
→10ha当たり7.3人・日

ICTの活用



・3D画像化した空中写真で境界を推定  
・住民説明会を開催し、現地立会は希望者に実施  
→10ha当たり6.1人・日

効果



・約17%の省力化  
・約10%の費用削減効果

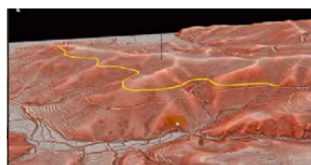
## 導入技術 路網設計支援ソフト

## 従来方法



- ・森林組合等が、紙上で線形案を作成し、現地確認を繰り返し検証
- 1 km当たり 5 人・日

## ICTの活用



- ・自動設計機能により、経験の有無を問わず一定の水準の線形案を作成可能
- 1 km当たり 2.5 人・日

## 効果



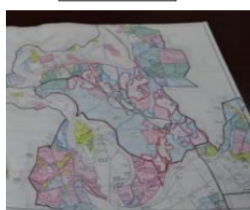
・約50%の省力化

効果は、住友林業（株）Forest Road Designerパンフレットのデータを引用

球磨中央地区林業活性化協議会（熊本県）

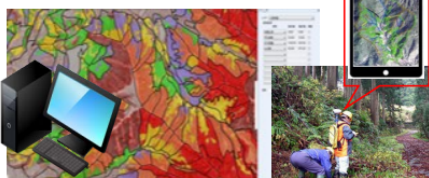
## 導入技術 ICT生産管理システム

## 従来方法



- ・森林組合等が森林簿等の情報を活用し、紙上で施業予定地の案を作成

## ICTの活用



- ・航空レーザ計測等の森林資源情報を活用し、PC上で木材生産に適する森林を評価し、伐採予定量を把握
- ・タブレットを活用し、上記情報を現地で確認

## 効果

## ◎導入メリット

- ・施業箇所のスピーディーな選定
- ・単木レベルの森林資源情報を瞬時に集計
- ・出材量を高精度で予測

※実践対策で効果を検証予定

## 導入技術 スマートフォンを活用した木材検収システム

H29年度実証成果（※）

## 従来方法



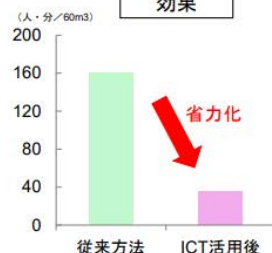
- ・森林組合等が数量調査
- 60m3当たり 160 人・分

## ICTの活用



- ・スマホ検収アプリを活用し、一定の距離から撮影等を行い瞬時に出材量を把握。
- 60m3当たり 35 人・分

## 効果



・約78%の省力化

※平成29年度「国有林材の販売に係る収獲調査等の効率化手法検討委託事業」（林野庁）

（株）コマツ製作所

## 導入技術 IoTハーベスタ

## 従来方法



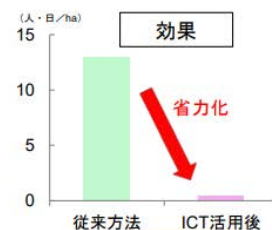
- ・森林組合等が人力による造材、計測、仕分け
- 1 ha当たり 13 人・日

## ICTの活用



- ・IoT機能付ハーベスタによる収集（伐採した丸太の径級、長さ）
- 1 ha当たり 0.5 人・日

## 効果



・約96%の省力化

未来投資会議構造改革徹底推進会合「地域経済・インフラ」会合（農林水産業）（第9回）資料

## 想定事項

あなたは、美濃市内に広大な森林を所有していて、それを何かに活用したいと考えているとしよう。

◆活用の内容を一言でいうと、それは・・・

◆いま、必要となる森林・林業のための「情報」とは何か

◆どんなことのために、どんな「情報」を求めたいのか

◆本当に欲しい情報とは何か

◆欲しい「情報」を手に入れるにはどうしたらよいか

◆欲しい「情報」が手に入らないときはどうしたらよいのか

◆「情報」を手に入れたらどうするのか

◆「IT」とは何か

◆「IT」リテラシーとは何か

◆「情報」と「IT」にどんな関係があるのか

◆「情報」と「IT」を融合させると何ができるのか

◆この講座で期待すること



## 地図情報の見方

問1 図0.0.1の標高点1464は、尾根の稜線か、または谷底のどちらに位置しているか？

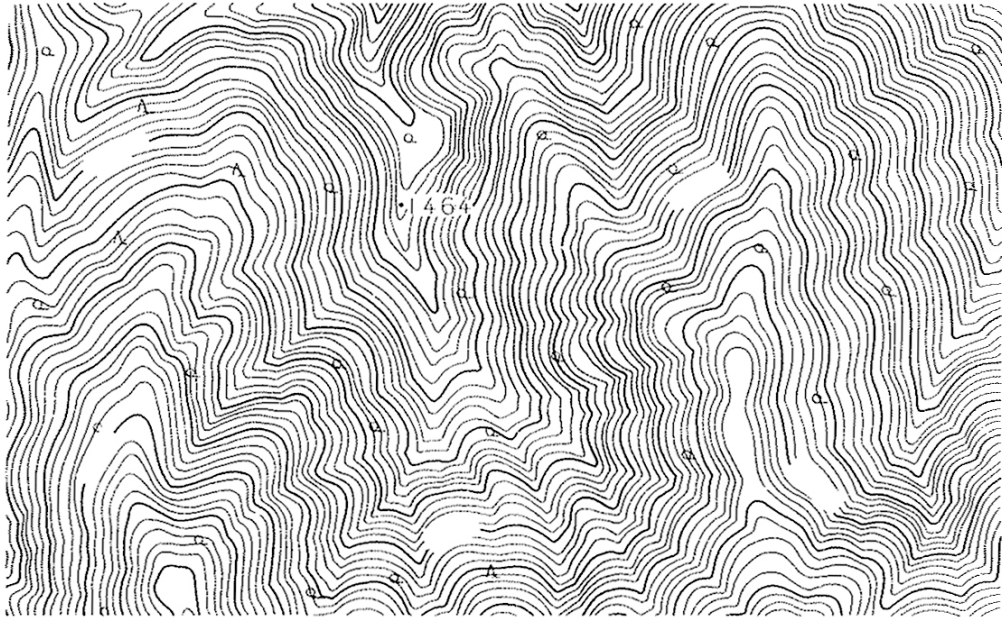


図0.0.1 (等高線の高度数値を消去)

問2 次の5万分の1地形図をみて、次の問いに答えなさい。



出典：国土地理院発行の5万分の1地形図（東京西北部）

- (1) 「しんじゅく」駅のA地点から「都庁」のB地点まで、地図上の距離にして約1.6cmある。実際の距離はどれくらいになるか。次のア～エから選べ。

ア.80m      イ.400m      ウ.800m      エ.4000m

- (2) 地形図中の C～F の地点についての説明として正しいものを、次のア～エから1つ選べ。
- ア. C の「若葉町」の周辺には神社が多い。
  - イ. D の「新宿御苑」には、針葉樹が生えている。
  - ウ. E の道路の部分は、鉄道と交差し、鉄道の上を通っている。
  - エ. F の「国立競技場」からみて、「せいぶしんじゅく」駅は北東の方向にある。

- (3) 地形図中の A～F の地点で最も標高の高い場所はどれか。

※上記の各問いは電子国土ポータルを見ながら答えてもよい。

問3 図0.0.2に記入されたA,B,Cの3本の太破線は高速道路計画の比較路線である。最も難工事(つまり高い工事費になると予想される)と考えられる路線はどれか。

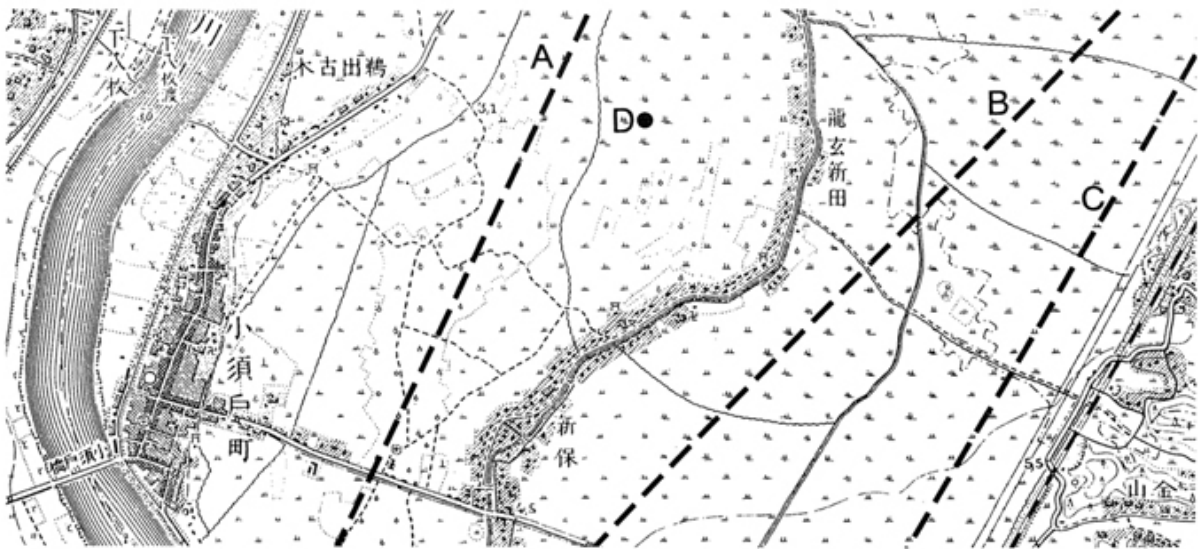


図0.0.2 (太破線とA～Dの文字を補記)

ヒントは下表を見よ↓

むかしの地図記号と地図記号のうつりかわり														
種類/図式	明治11年 (1878) 測 絵図譜	明治16年 (1883) ~ 迅速	明治17年 (1884) ~ 仮製	明治18年 (1885) 図 式集から	明治23年 (1890) 図 式集から	明治27年 (1894) 図 式集から	明治33年 (1900) 図 式集から	明治42年 (1909) 図 式集から	大正6年 (1917)	昭和17年 (1942)	昭和30年 (1955)	昭和40年 (1965)	平成14年 (2002)	メモなど
植生界				—— 地類(定)	—— 地類(定)	なし	なし	.....	.....	.....	.....	.....	.....	:しよくせいのさかい
植生界				---- (不定)	---- (不定)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	:しよくせいのさかい
田		田	陸田	陸田	田	田	田	田	乾田	二毛作田	乾田	田	田	た
水田	水田	水田	水田	湿田	なし	なし	なし	なし	水田	田	湿田	なし	なし	すいでん
沼田			深田							なし		なし	なし	ぬまた
畑(葉園)		(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	(空白)	▽	▽	はたけ



コラム ちょっと昔までは、樹種別の地図記号があった！

地図記号でその地図の作成年代がわかる…あまり古い地図だとその情報そのものが正確でない場合もある。

むかしの地図記号と地図記号のうつりかわり 23														
種類/図式	明治 11 年 (1878) 測 絵図譜	明治 16 年 (1883) ~ 迅速	明治 17 年 (1884) ~ 仮製	明治 18 年 (1885) 図 式集から	明治 23 年 (1890) 図 式集から	明治 27 年 (1894) 図 式集から	明治 33 年 (1900) 図 式集から	明治 42 年 (1909) 図 式集から	大正 6 年 (1917)	昭和 17 年 (1942)	昭和 30 年 (1955)	昭和 40 年 (1965)	平成 14 年 (2002)	メモなど
独立樹 (広葉)			 独立樹木	 独立樹木	 独立樹木					 (潤葉樹)		なし	なし	:めじるし になる木 (こうようじゅ)
独立樹 (常緑 潤葉)											なし	なし	なし	:めじるし になる木 (こうようじゅ)
独立樹 (針葉)												なし	なし	:めじるし になる木 (しんようじゅ)
独立樹 (竹)									なし	なし	なし	なし	なし	:めじるし になる木 (たけ)
独立樹 (枯木 など)									なし	なし	なし	なし	なし	:めじるし になる木 (かれき)
抽出樹									なし	なし	なし	なし	なし	:ぬきんで た木
抽出樹 (針葉)									なし	なし	なし	なし	なし	:ぬきんで た木

むかしの地図記号と地図記号のうつりかわり 24														
種類/図式	明治 11 年 (1878) 測 絵図譜	明治 16 年 (1883) ~ 迅速	明治 17 年 (1884) ~ 仮製	明治 18 年 (1885) 図 式集から	明治 23 年 (1890) 図 式集から	明治 27 年 (1894) 図 式集から	明治 33 年 (1900) 図 式集から	明治 42 年 (1909) 図 式集から	大正 6 年 (1917)	昭和 17 年 (1942)	昭和 30 年 (1955)	昭和 40 年 (1965)	平成 14 年 (2002)	メモなど
広葉樹 林														こうよう じゅりん
広葉樹 林											なし	なし	なし	こうよう じゅりん
針葉樹 林														しんよう じゅりん
針葉樹 林 (す ぎ)					なし	なし	なし				なし	なし	なし	しんよう じゅりん
針葉樹 林 (ひの き)					なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	しんよう じゅりん
雑樹林					なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	ざつじゅ りん

問4 図0.0.3の大岐海岸の ⊗ 地点で、空きビンをつかべた。さて、そのビンはどうなるか。

きに流  
向きに  
西向き  
④北向

①東向  
れる ②南  
流れる ③  
に流れる  
きに流れる

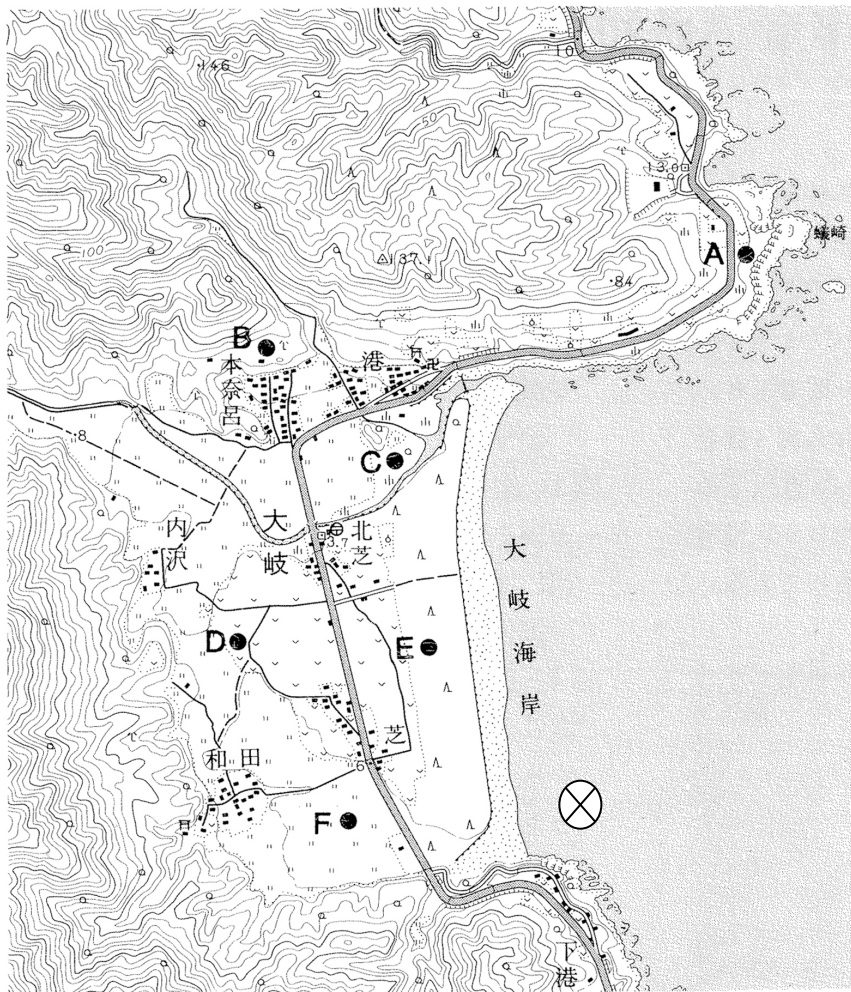


図0.0.3 (A～Fの文字と・印を補記)

問5 電子国土ポータルサイトで下図の島を探せ。また、次ページの設問に答えよ。

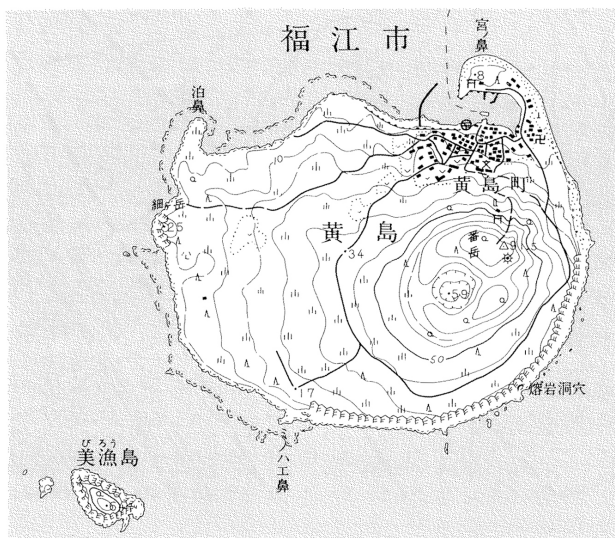


図0.0.4

- 1 黄島の大きさはいくらか。  
南北 \_\_\_\_\_ k m、 東西 \_\_\_\_\_ k m
- 2 島の最高標高点はどのあたりにあるか。また、それはいくつか。
- 3 灯台はどこにあるか。
- 4 最高標高点の南西方向の地形は何か。
- 5 4の地形の底の標高はいくつか。
- 6 4の地形から気づくことを最低でも3つ書き出せ。
- 7 ミノハエ鼻から時計回りに泊鼻、さらに港の防波堤までの地形は何か。
- 8 7の地形はどんなところか、また、高さは最大何mか。
- 9 7の地形の海側はどんな地形になっているか。
- 10 細ヶ谷の西岸は、高さは何mか。また、海側は9に比べてどうか。
- 11 ミノハエ鼻から東へ「溶岩洞穴」を経て、宮ノ鼻方面へ向かう海岸線の比高は何mか。
- 12 11の海側は、9に比べてどんな違いがあるか。
- 13 東岸の崖（がけ）の北端から北方には何があるか。また、その地形で北側と南側の違いを述べよ。

14 宮ノ鼻の標高は何mか。その南側には何があるか。また、この半島は何でできているか。

15 黄島の大部分の利用形態は何か。

16 黄島で森林があるのはどこか。また、竹林はあるか。集落があるのはどこか。

17 番岳の周りの道路は、観光用の周遊道路といえるか。

18 東岸の地形をなんというか。

19 宮ノ鼻の地形をなんというか。

20 黄島ができたばかりのころの島の形を推定せよ。

21 番岳はどのようにしてできたか。また、そのように推測した理由はなにか。

22 番岳の山頂部と山麓の地形的な違いを述べよ。また、それをなんというか。

23 黄島の生い立ち（出来かた）を推論せよ。

24 黄島の地質断面図を描け。



## 知っていますか？！位置を知るための超基本的な知識

- 1 森林について何か調べる必要（測量など）があるとき、どんなことが最も重要になるでしょうか？

マクロ的な視点

中間的な視点

ミクロ的な視点

- 2 私たちが活動する場（森林）は、ひとことで言うとどこにありますか？

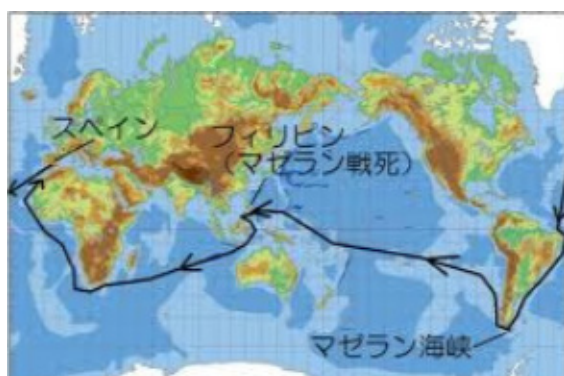
- 3 上記 1 で挙げた事項で「位置」が重要なファクターになるものはどれですか

- 4 唐突ですが、ざっくり言って地球は宇宙空間ではどんなふうに動いていると思いますか？



5 わかっちゃいるけど実は見たことない・・・“地球は丸い”という事実はどうしたらわかる？

6 1519 年マゼラン一行はスペインを出発、西へ向かい世界一周して 1522 年に帰国した。彼らは航海の間 1 日も欠かさず航海日誌をつけていたが、帰国した日の航海日誌の日付と実際の日付はズレていた。航海日誌の日付が 2 月 1 日だったとすると、実際の日付は何月何日だったか？



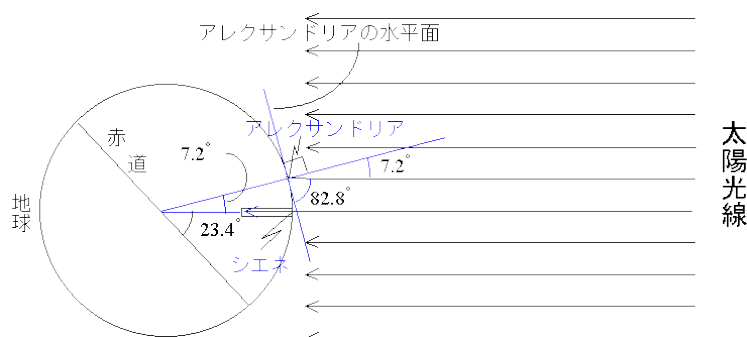
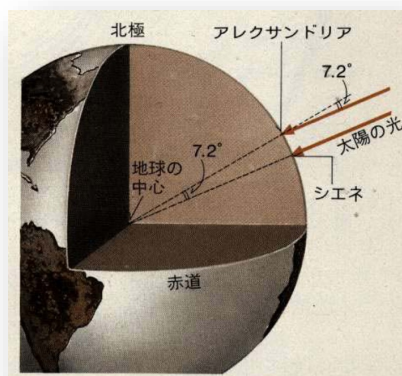
7 下図のように 80 日間世界一周をしたとき、問題 1 と同じく出発して帰国日の日誌が 2 月 1 日だった場合はどうなるか？



**8 丸い地球の大きさを知っていますか？古代人になったつもりで、地球の全周長さを計算しましょう**

(ただし、シエネ～アレクサンドリア間の距離は5000スタジア)

注：1スタジア=185m、シエネ、アレクサンドリアは、古代エジプトの都市名

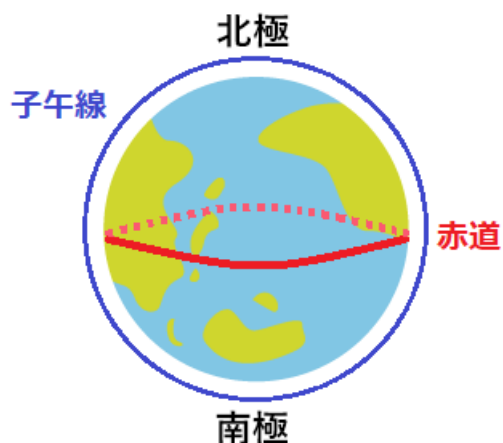


9 現代人は、地図サイトなどを使って、地球の子午線方向の全周長を正確に計算してください

(地理院地図、Google Map、Google Earth、その他いろいろな地図サイトを駆使しましょう)

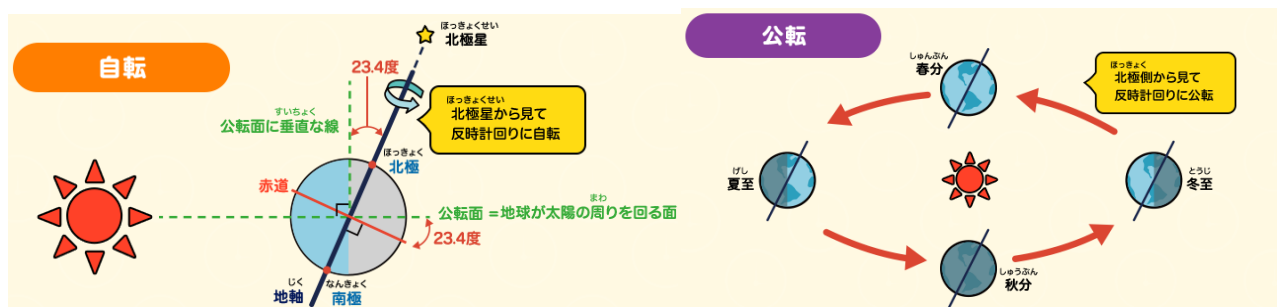
①～②間の距離 177.8133km	北緯	東経
①森林文化アカデミー	35 度 33 分 20 秒 35.5555	136 度 55 分 3 秒 136.9175
②石川県の輪島沖 舢倉島 <small>ぐらじま</small>	37 度 9 分 19.8 秒 37.1555	136 度 55 分 3 秒 136.9175

10 さて、前項9と同様にして赤道方向も正確に測定したとすると、次の選択肢のうちどれが正しいか？



- ア. 子午線全周  $>$  赤道全周  
イ. 子午線全周  $=$  赤道全周  
ウ. 子午線全周  $<$  赤道全周  
エ. なんとも言えない

11 上記9の理由として、ヒントの絵を見て何か思いつくことがあるはず



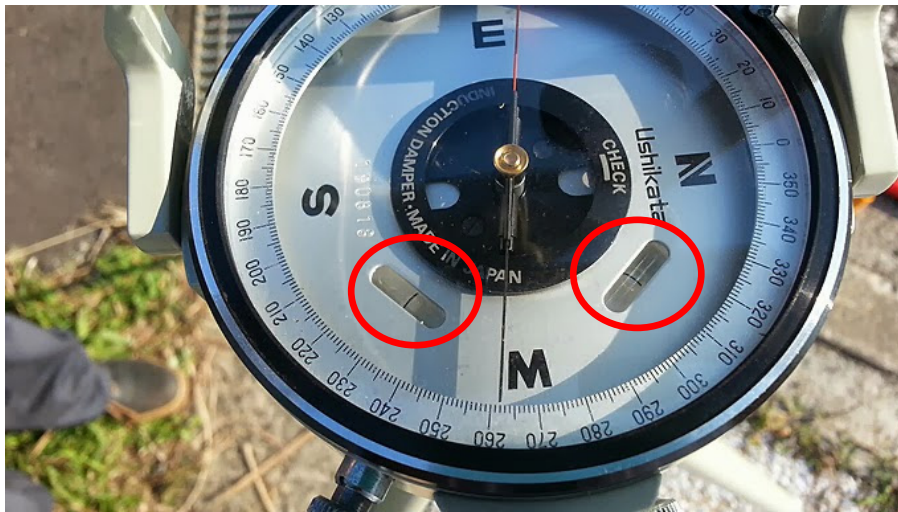
12 地球はどのぐらいのスピードで動いているか計算！つまり地球は宇宙空間で○○○動いている？

13 次の話の真偽を今までの話から類推してください

日本で体重 60kg の人は、赤道直下の国 ケニアへ旅行した時、もっと体重が増える。

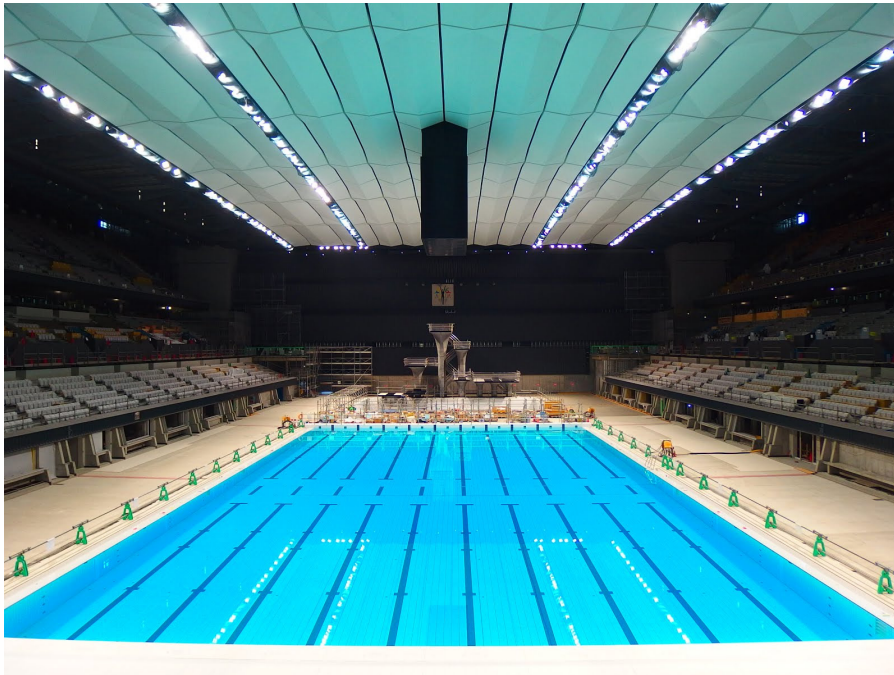
しかし、ほぼ赤道直下にあるキリマンジャロ（標高 5895m）に登ると、体重は逆に軽くなる。

21 ここで少し話題を変えて・・・写真の機器は何ですか？ さらに赤丸部分は何？ どういう役割？



水準器

22 このプールの水面は、どんな状態と言えるか？それは「何」に対して〇〇と言っているのか？

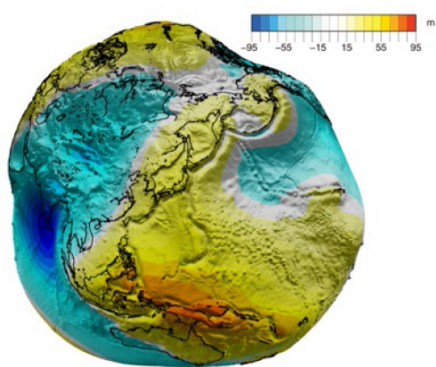


23 「〇〇」であるためには「水 (water)」がキーワード

24 富士山の標高は 3,776mだが・・・どこから測ったらこうなるの？

25 私たちが立っているこの地面は、どう表現したらいいか（地球の形の定義はどうしたらよいか）

26 実際のところ、地球の形はどんな形だろうか？

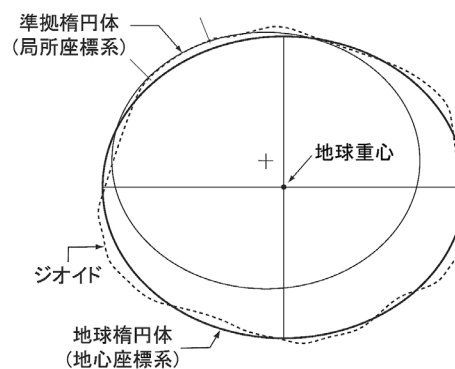
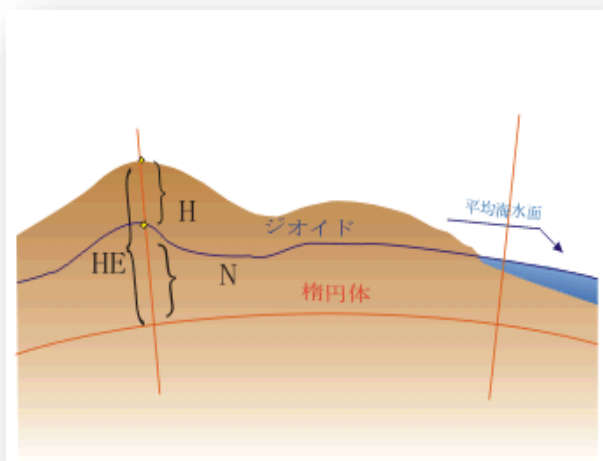


国土地理院HPより



27 地球の形を前項 26 の左図のように定義した時、何か都合の悪いことはあるか

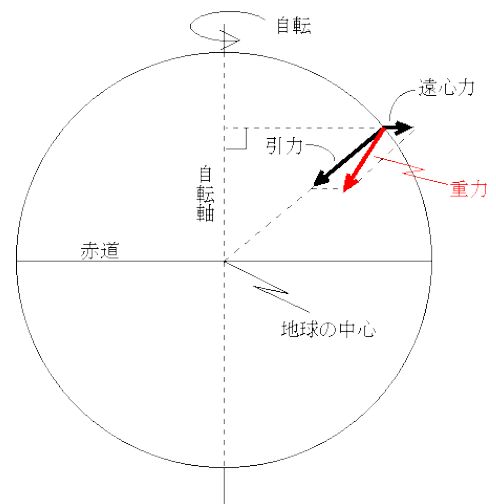
28 ジオイドとは何か（地球の形の決定になぜ重力が関係するのか）



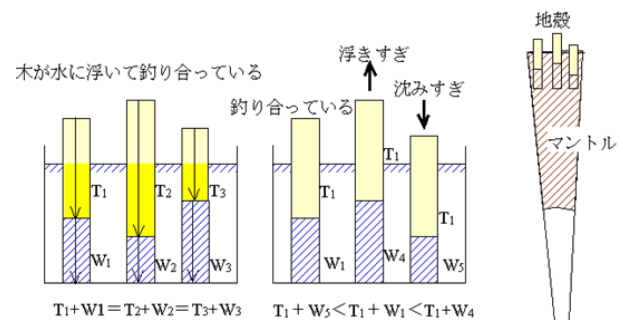
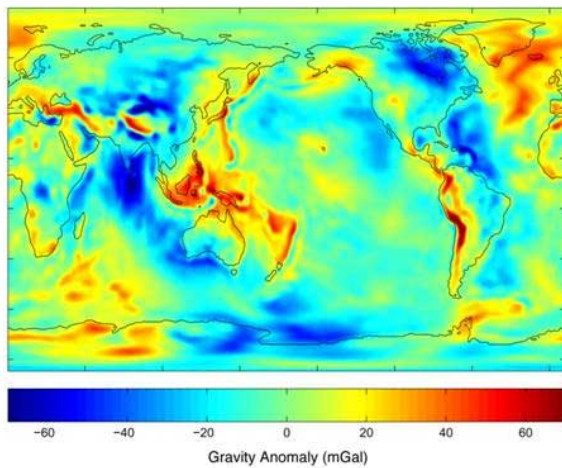


## 29 重力とは何か、説明できますか？

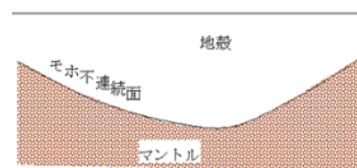
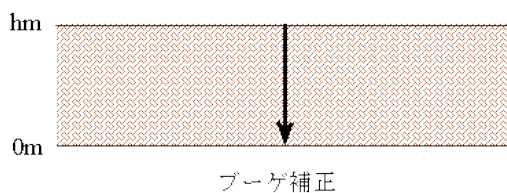
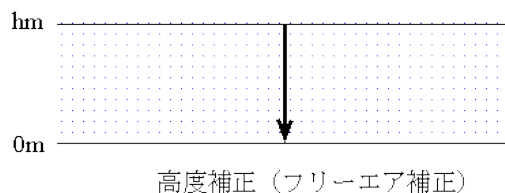
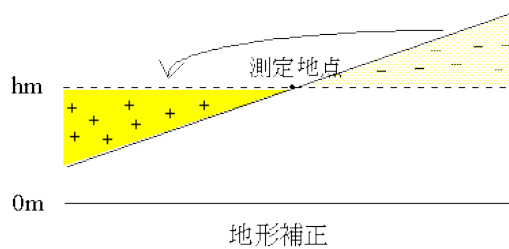
重力は  $\left( \begin{array}{c} \text{引力} \\ \text{遠心力} \end{array} \right)$  の合力である



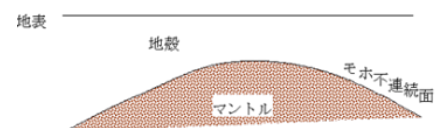
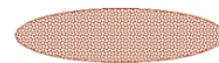
## 30 重力異常と各種補正について



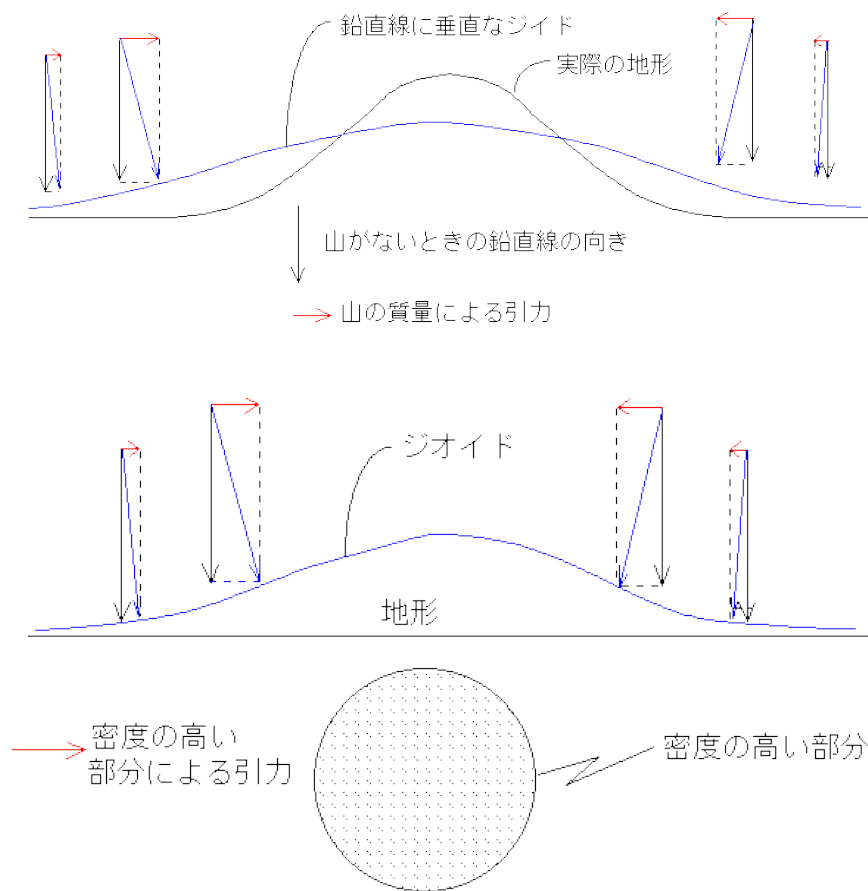
ブーゲ異常 < 0 地下に密度の小さいものがある



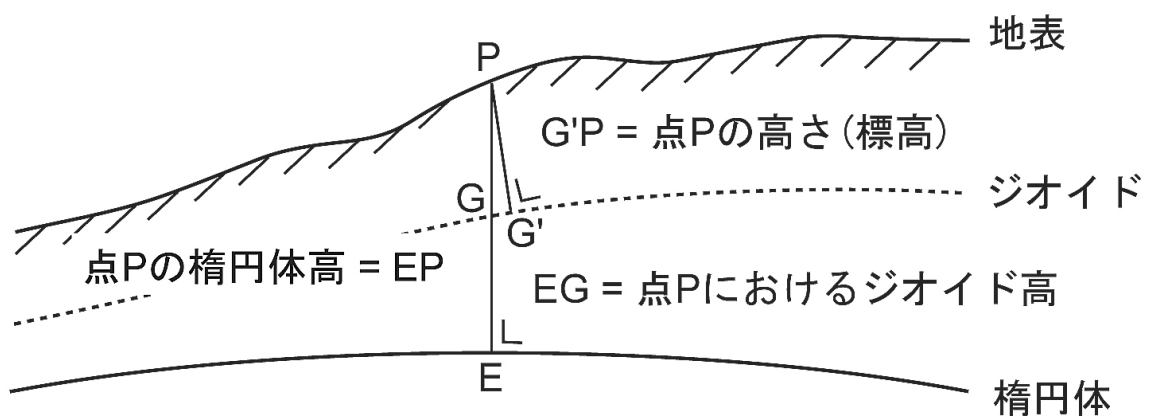
ブーゲ異常 > 0 地下に密度の大きいものがある



### 31 もう一度、ジオイドについて

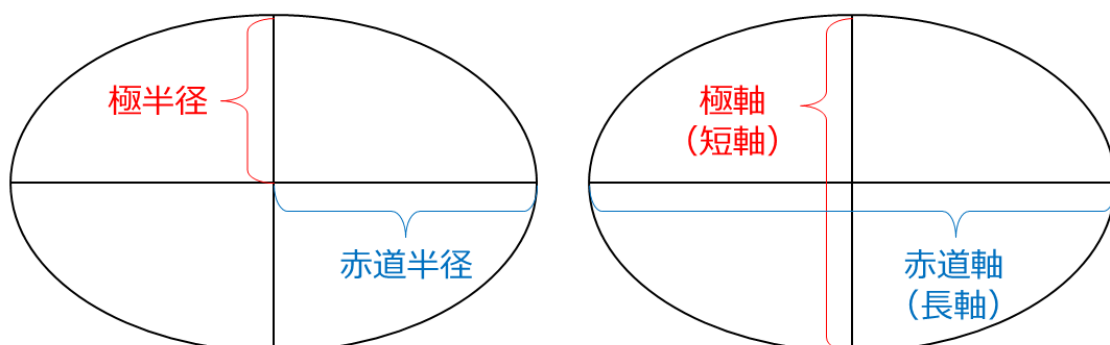
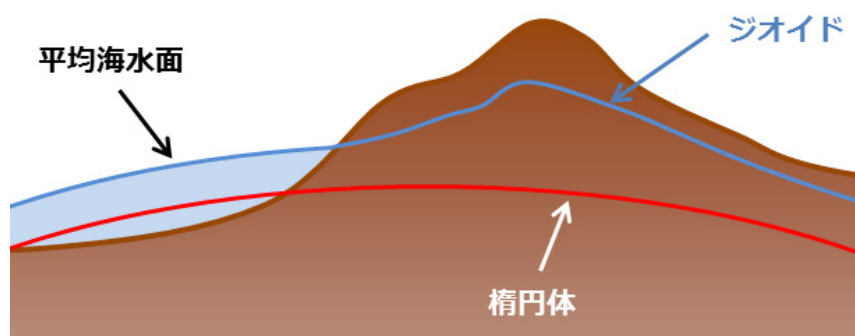


### 32 標高とはジオイドからの距離（高さ）である・・・何か気をつけるべきことはあるか

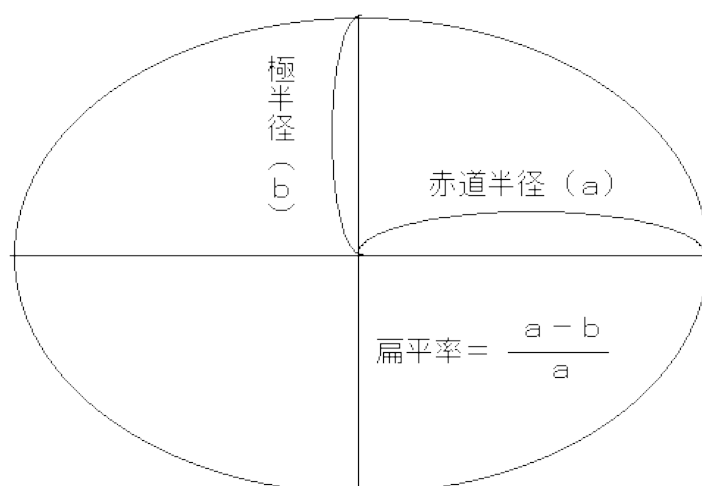
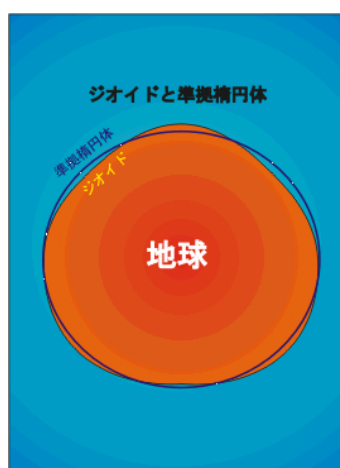


#### 41 位置はどのように決まる？（ここからは測地系についての話）

#### 42 地球の形状と大きさの定義 – ジオイドと地球楕円体 –



### 43 準拋楕円体について知ろう



名称	年	赤道半径(単位 m)	極半径(単位 m)	扁平率の逆数 (1/f)
Bessel	1841 年	6,377,397.155	6,356,079	299.152813
GRS 80	1980 年	6,378,137.000	6,356,752.314	298.257222
WGS 84	1984 年	6,378,137.000	6,356,752.314	298.257223

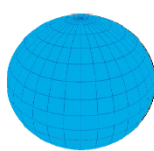
実際の地球



ジオイド



回転楕円体

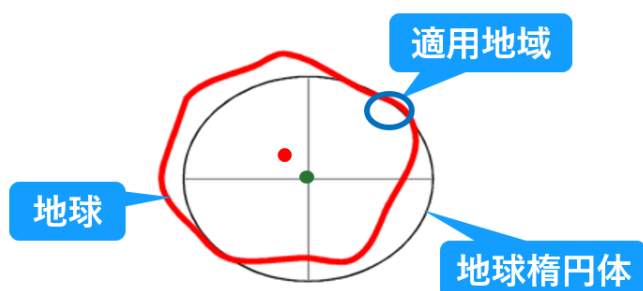


#### 回転楕円体の種類

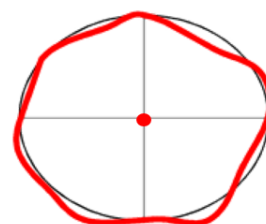


回転楕円体に長半径、扁平率等を定めたもの  
測量の基準として採用された地球楕円体  
= 準拋楕円体

### 44 測地系の適用範囲 –ローカル測地系と世界測地系– 使いやすいように決めたらええやんか！



ローカル測地系

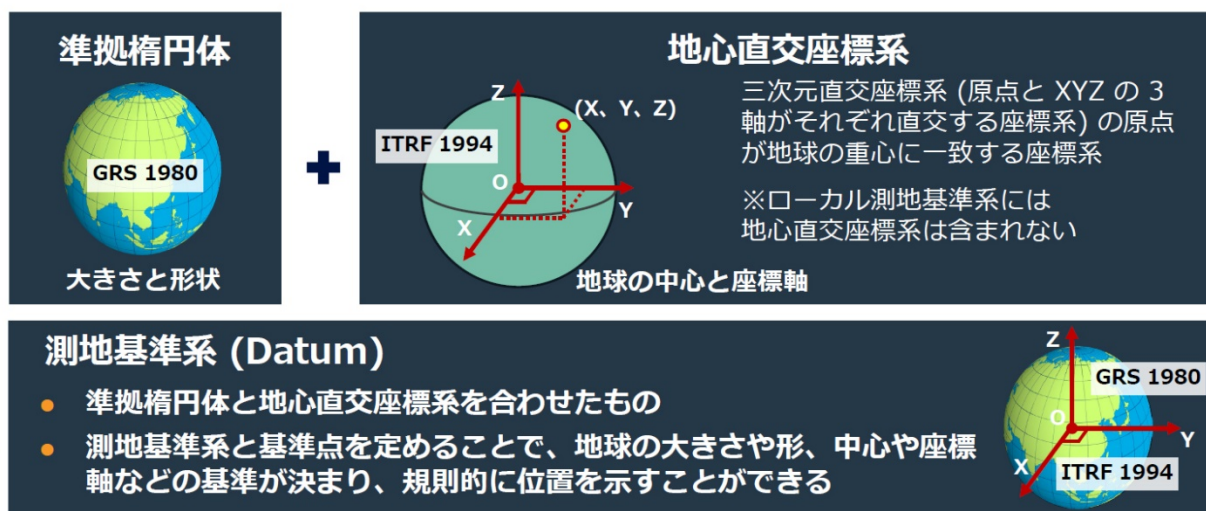


世界測地系

## 45 位置を決めるための基準

### 空間参照の構成要素

#### 測地基準系 … 位置を緯度と経度で表すための座標面の基準



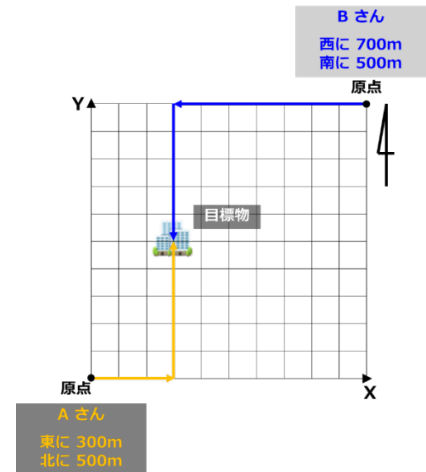
## 46 日本の測地系について

測地系	別称	準拋楕円体	座標系
日本測地系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・旧日本測地系</li> <li>・東京測地系</li> </ul>	Bessel 1841	日本独自に設定
日本測地系 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>・世界測地系</li> <li>・JGD 2000</li> </ul>	GRS 1980	地心直交座標系 (ITRF 1994)
日本測地系 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>・世界測地系</li> <li>・JGD 2011</li> </ul>	GRS 1980	地心直交座標系 (西日本と北海道 : ITRF 1994 東日本と北陸 : ITRF 2008)
WGS 84	<ul style="list-style-type: none"> <li>・世界測地系</li> <li>・WGS 1984</li> </ul>	WGS 84	地心直交座標系 (WGS 84)

## 47 まとめ 「測地系」とは、ひとことで言うと何なんだ？



50 座標系とは？ 昔々、算数でやったような気がするかもしれませんが、説明できますか？



51 ふたつの座標系・・・たぶん一番大事な概念（わからなくなったら、ここに戻れ）

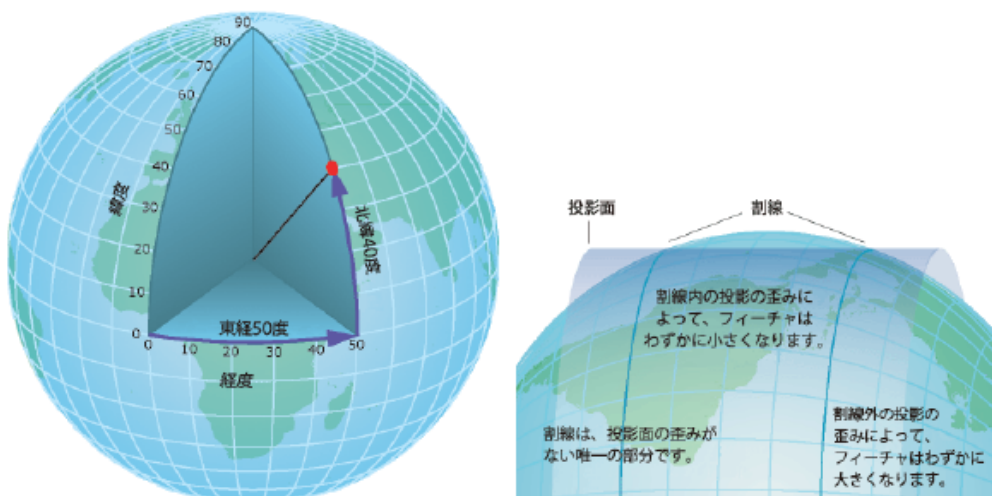
GISで扱う座標系には、地理座標系（GCS）と投影座標系（PCS）がある！

（下図参照）

地理座標系 <b>GCS</b>	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 <b>PCS</b>	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

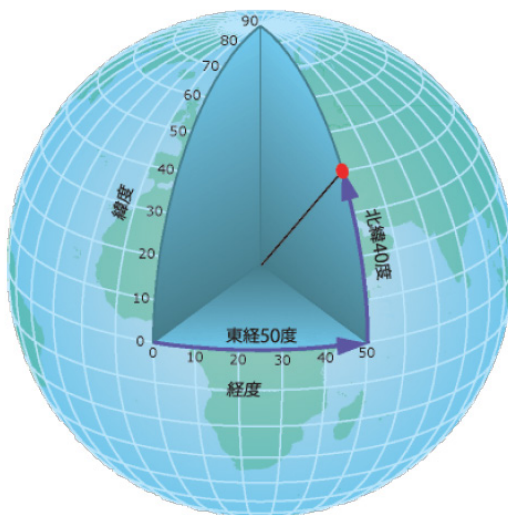


地理座標系（左図）から平面座標系（右図）への投影

●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
- ・重なるすべての GIS データが同じ測地系・座標系になるようにせよ！

## 52 地理座標系（GCS）



※ 緯度と経度は、地球の中心から地表面上の地点に向かって計測された角度（度）。原点は重心。

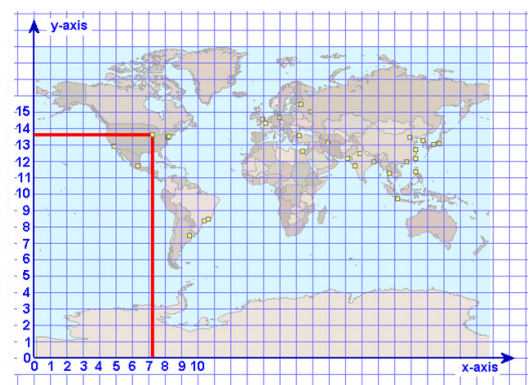
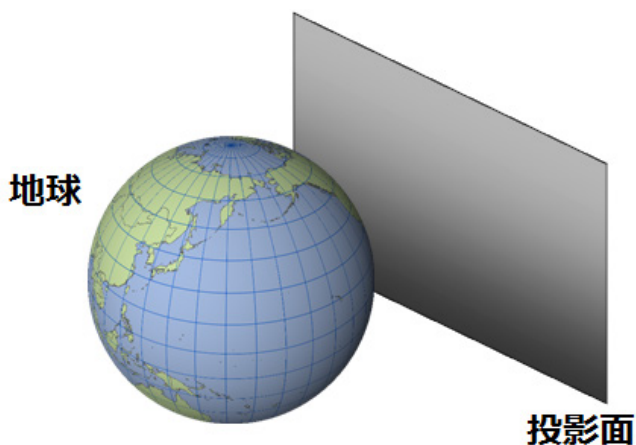
● 楕円体上（球面）に緯度と経度で位置を表現

● 地理座標系の要素

- 測地基準系
- 本初子午線
- 単位（角度）
  - 通常は 10 進経緯度
  - 例) -17.4519, 14.6836

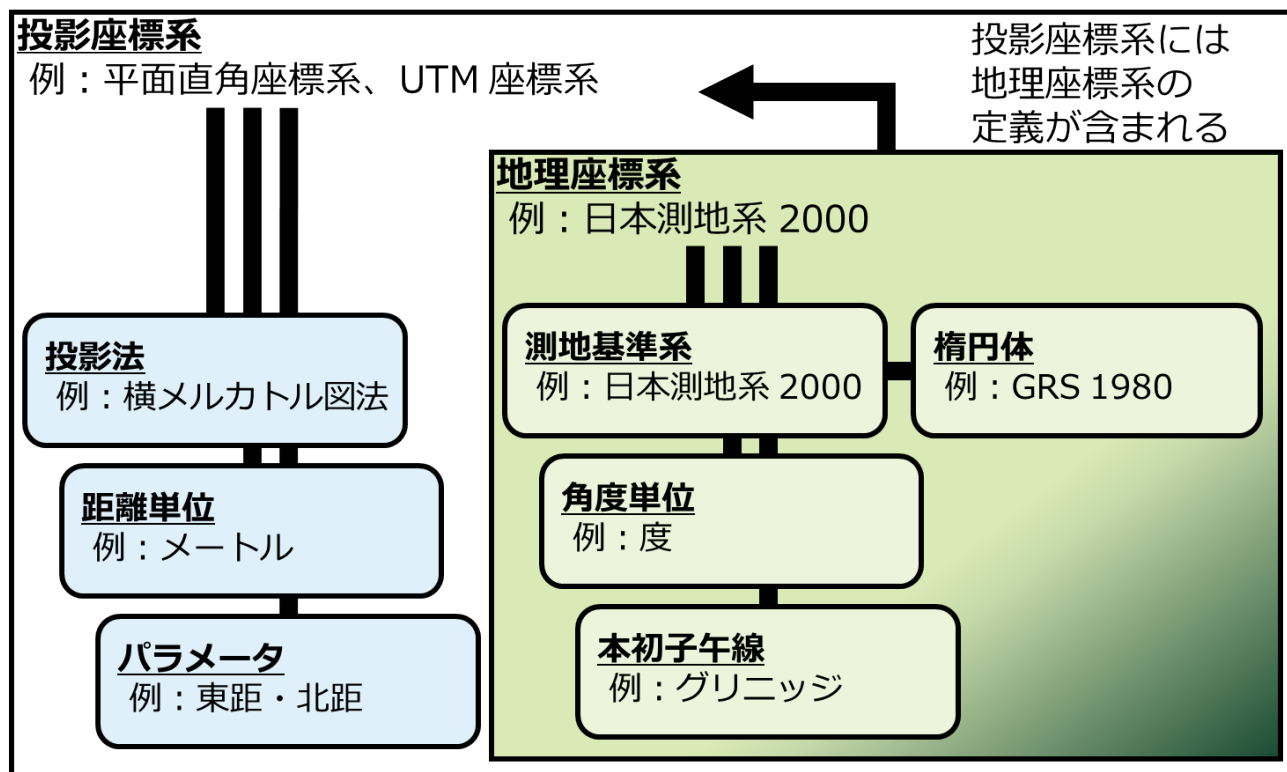
$$\text{十進経緯度 (DD)} = \text{度} + \frac{\text{分}}{60} + \frac{\text{秒}}{3600}$$

## 53 投影座標系（PCS）



## 54 投影座標系の概念

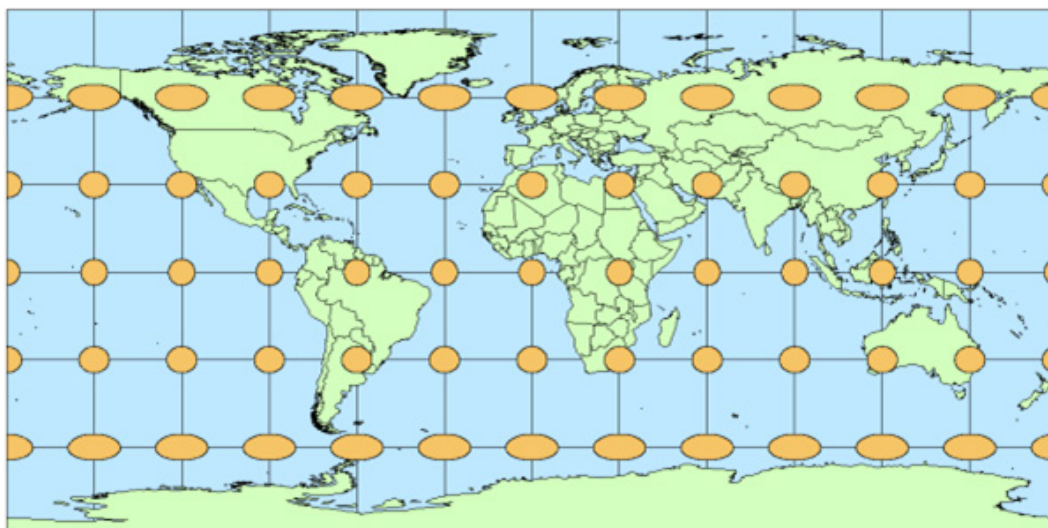
投影座標系では地球の形状なども考慮して投影を行うため、地理座標系の定義も含まれます。



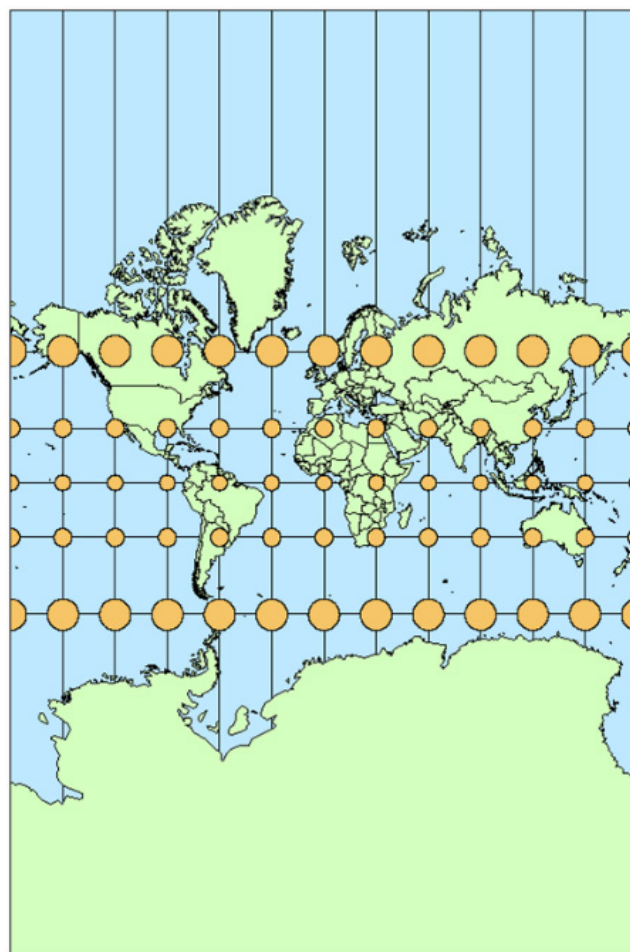
※ 平面直角座標系、UTM 座標系は投影座標系であり、日本で使用される座標系の一種です。

## 55 地理座標系と投影座標系の特徴・・ 正確に表現したい要素に合わせた投影法を選択すること！！

地理座標系は、日本全国や世界などの広域に渡る範囲を一定の尺度を持ったひとつのデータとして管理できるという利点があるが、地理座標系の座標は3次元における角度で表されるため、その座標を平面上で表現した場合、距離・面積・角度のいずれも正確ではない。下図は、地球表面に描いた同じ大きさの円を、地理座標系のまま2次元に表示した地図で、地域によって形状が楕円に変化したり大きさが異なったりしている。明らかに、面積や角度などが正確に表現されていないことがわかる。

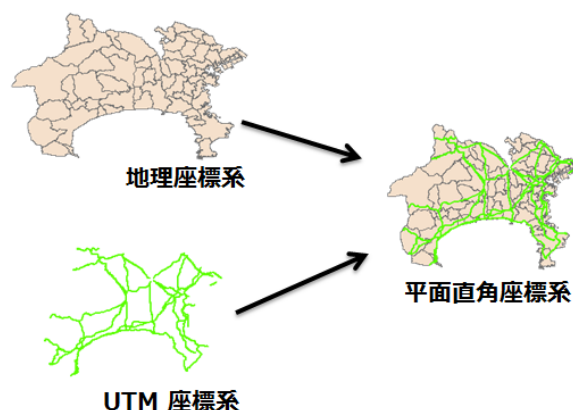


**投影座標系**では、用いる投影法によって、距離・面積・角度のいずれかを正確に表現できるという特徴がある。したがって、正しい形状での地図表現、図形の作図、距離や面積による解析などを行う場合は、投影座標系を用いる。右の図は、地球表面に描いた同じ大きさの円を、正角図法（角度が正しくなる図法）の一種であるメルカトル図法を用いて投影した地図。この例では、どの地域でも形状は円のままであり、角度を正しく表現できていることがわかる。しかし、地域によって円の大きさが異なり、面積を正しく表現できていない。そのため、正確に表現したい要素に合わせた投影法を選択する必要がある。



## 56 異なる座標系の重ね合わせ

どのような座標系に基づいて GIS データが作成されているのかがわかれば、原点や座標の単位が異なる座標系の GIS データ同士でも重ね合わせることが可能。



## 60 地図投影法とは

地球上のさまざまな地表物・事象を表現する媒体として地図があるが、それらは紙地図やコンピューターのディスプレイに表示される地図など平面上に表現されるものが主流。

ただし、3次元空間に存在している地球をそのままの形で平面上に表現することはできない。

つまり、曲面を持つ地球を平面状の地図で表現するためには、地球表面の情報を平面に投影する処理が生じ、そのための手法を「地図投影法」と呼ぶ。

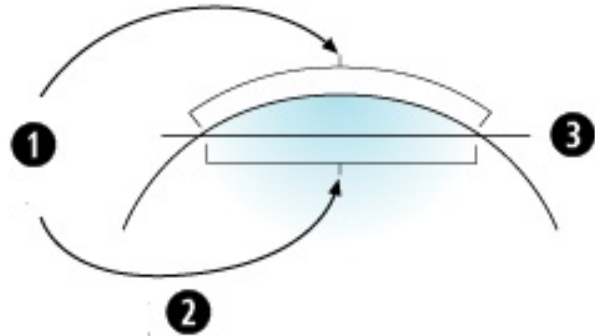


## 61 地球表面を平面で表現することによる影響・・・正確な地図を作ることは難しい

地球を平面に投影する処理においては、必ず「角度、面積、距離」のいずれかに歪みが発生する。  
(この3要素がすべて正確な平面の地図は存在しない)

### <歪みが発生する仕組み>

右図で表現されている通り、①の部分で示された曲面(地球表面)を②の部分で示された平面(紙地図などの2次元で表現される地図)に変換する。(③を投影面と呼ぶ)。



この①を②に変換する作業にあたり、極(中心)と両端部分については同じ位置で表現することができるが、その中間にあたる曲面は投影することにより実際の距離より小さく表現する必要がある。その際に実際の地球表面と2次元地図の違いによる歪みが発生する。

## 62 正しい地図を作成するため、いろいろな投影法が考案された

投影法はその特性による分類と実際の投影手法により分けすることができる。

### 【特性による分類】

曲面を平面に変換する際には必ず歪みが発生するが、地域の形状・面積・距離の歪みを最小限にとどめるための投影法が開発されてきた。

#### 正角図法・・・メルカトル図法

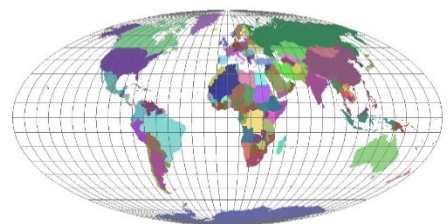
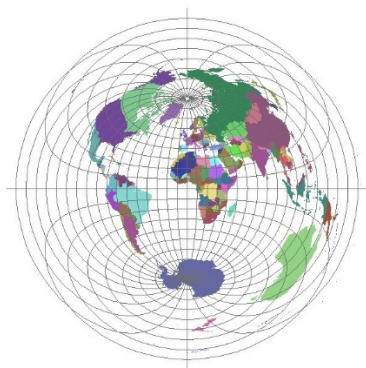
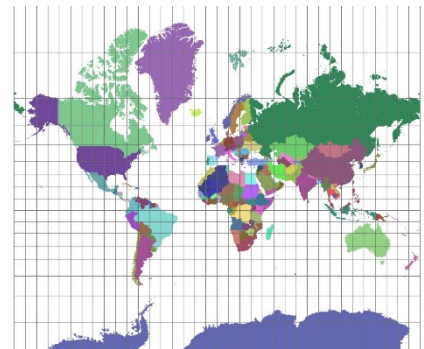
地域の形状が維持される ⇔ 面積の歪みが発生する

#### 正積図法・・・モルワイデ図法

図形の面積が正しい ⇔ 形状や角度に歪みが生じる

#### 正距図法

中心点から外側への距離は正確 ⇔ 面積、形状は歪む

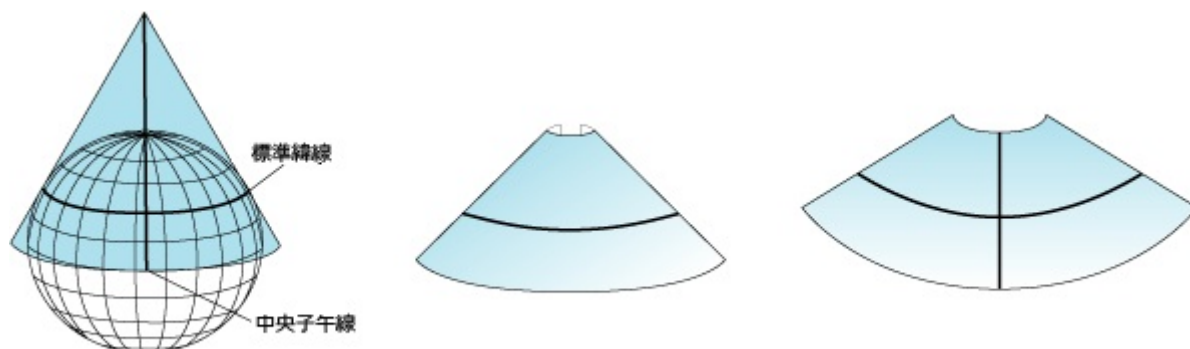


## 【投影手法による分類】

球状である地球を平面に展開する際の手法により分類できる。

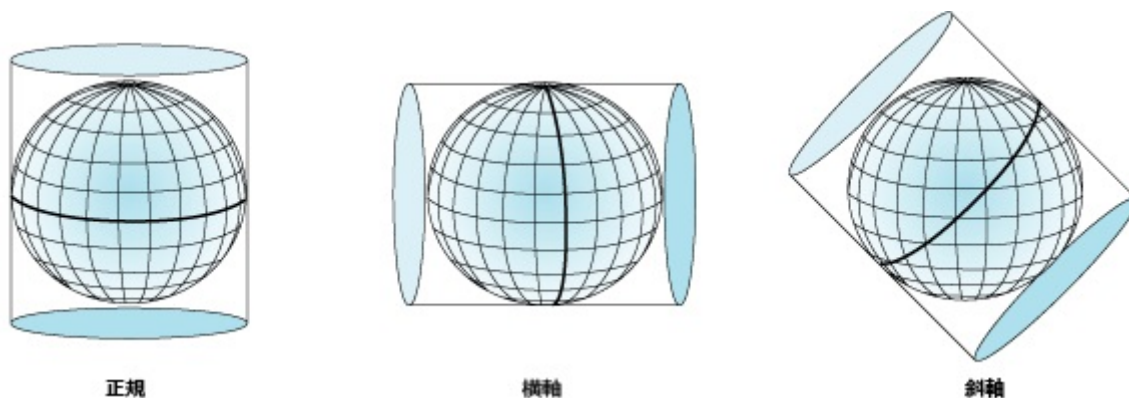
### 円錐図法

投影面となる円錐を用意し地球に対して覆うように配置した後に展開したものが平面の地図となります。例として正距円錐図法があり、面積の小さい地域では、全体の歪みが最小限に抑えられます。



### 円筒図法

投影面となる円筒を地球に対して覆うように配置し展開したものが平面の地図となります。メルカトル図法は円筒図法の 1 つです。



### 平面図法

投影面となる平面が地球上のある基準点に配置され、その投影面が平面の地図となります。方面図法、または天頂図法とも呼ばれ、極地域の地図によく用いられます。



## 70 ここからが本番！ 日本固有の地理座標系について

### 日本測地系

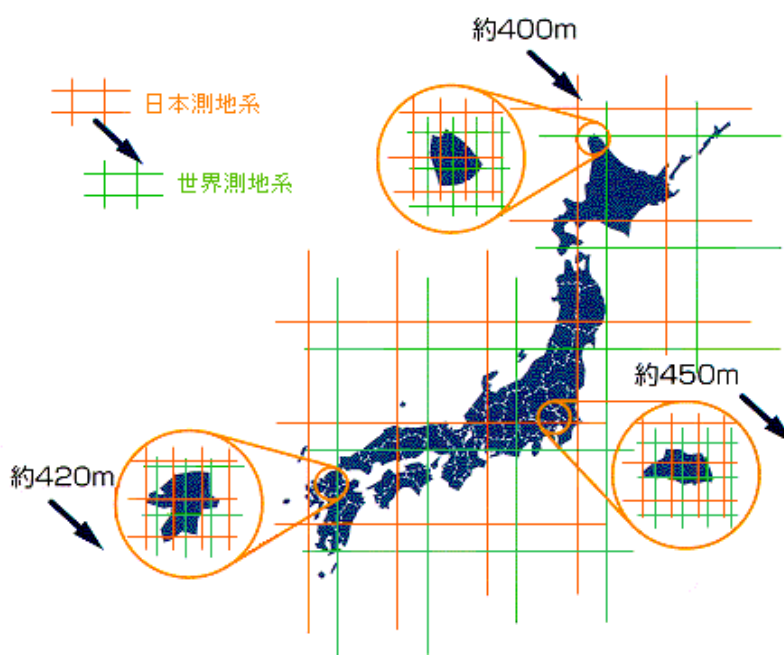
明治時代に日本全国の地形図を作成するために整備された測量の基準点網をもとに構築された測地系で、平成 14 年 3 月（2002 年 3 月）まで日本の測地系として採用されていました。

準拠楕円体は、ベッセル楕円体を採用。

### 日本測地系 2000 = 世界測地系

測量技術の向上やこれまでの地殻変動の歪みなどを考慮し構築された日本の測地系で、平成 14 年 4 月（2002 年 4 月）から採用されました。

世界測地系とも呼ばれ、世界的に多くの国で使用されている GRS80 を準拠楕円体として採用しています。準拠楕円体の違いや地殻変動による歪みなどから日本測地系と日本測地系 2000 では座標値のずれがあります。距離でいえば東京付近で約 450m のずれがあります。



日本測地系と世界測地系の違い（出典：国土地理院）

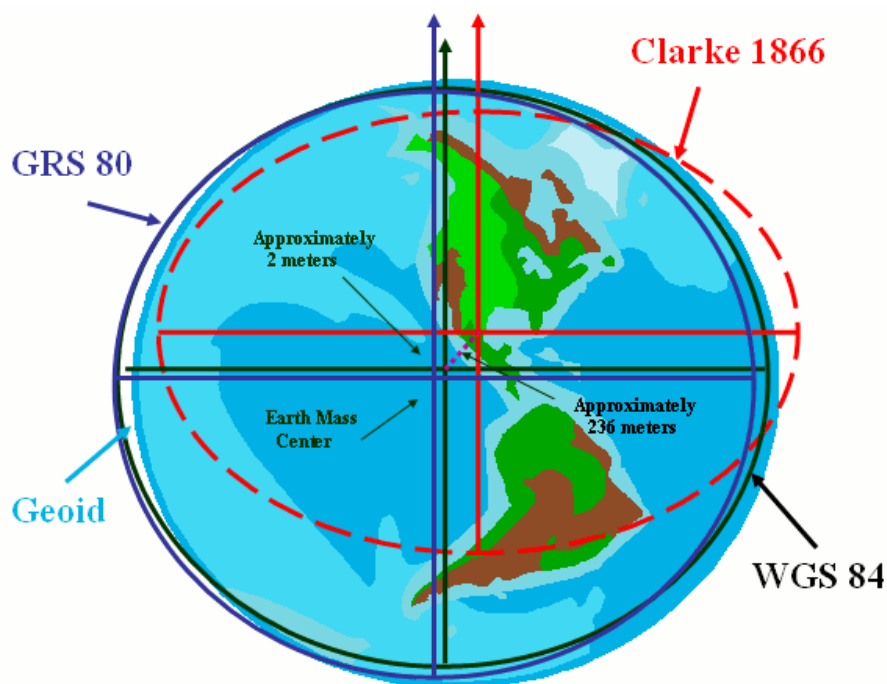
### 日本測地系 2011 = 現時点で使うべきもの

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」による大きな地殻変動が観測された東日本（北海道を除く）や北陸地方の測量成果に基づいて構築された日本の測地系で、2011 年 10 月から採用されています。

### その他日本でよく使用される地理座標系

#### WGS 84

米国で採用されている世界測地系で、GPS の運用に使用されています。



## 日本で使われる地理座標系のまとめ

測地基準系と名前が同じでややこしいが、測地基準系はあくまで地理座標系の要素の一つ

地理座標系	測地基準系	特徴
日本測地系 (GCS_Tokyo)	日本測地系 (D_Tokyo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 明治時代 (1841年) に制定され 2002 年 3 月まで採用</li> <li>■ 準拋橢円体に Bessel 1841 を採用</li> <li>■ 世界測地系のデータと重ね合わせる際に注意</li> </ul>
日本測地系 2000 (GCS_JGD_2000)	日本測地系 2000 (D_JGD_2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 測量法改正により、2002 年 4 月から採用 (測量歪み誤差も考慮して再測量された (測地成果 2000))</li> </ul>
日本測地系 2011 (GCS_JGD_2011)	日本測地系 2011 (D_JGD_2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2011 年東北地方太平洋沖地震により地殻変動が観測された地域の測量結果の改定値が公表されたことに伴い、新しい測量成果 (測量成果 2011) が採用</li> </ul>
WGS 1984 (GCS_WGS_1984)	WGS_1984 (D_WGS_1984)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ GPS の運行管理を目的に米国国防省が構築</li> <li>■ GPS、海図 (海上保安庁) で採用</li> </ul>

世界測地系

Geographic Coordinate System Datum

※ () 内は ArcGIS での表示例



## 71 本日のメインディッシュ！ 日本固有の投影座標系について

### 平面直角座標系

日本の公共測量で採用されている座標系で、国土地理院刊行の「1/2,500 国土基本図」や

「1/5,000 国土基本図」、「1/10,000 地形図」など、大縮尺地図で利用されている。投影法はガウスクリューゲル図法（「横メルカトル図法」とも呼ばれる）を採用し、楕円体面を平面に投影することによる歪みを小さくするために、日本全国を19の地域に分割してそれぞれに座標原点を設けている。座標原点から東西130kmが各座標系の適用範囲。

投影座標系は地理座標系の定義を包含しているが、平面直角座標系で定義される地理座標系には、日本測地系、日本測地系2000、日本測地系2011がある。

#### ● 特長

- **ガウス クリューゲル図法（横メルカトル図法）で投影**
- **北方領土を除く全国を19の座標系に分けて管理**

#### ● 精度

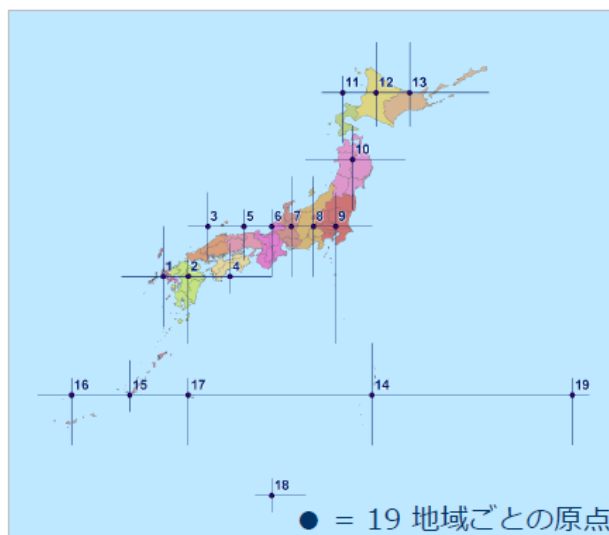
- **縮尺係数：X軸に対して0.9999**
- **原点から最も離れた地点の歪みが1/10,000を超えないように設計**

#### ● 用途

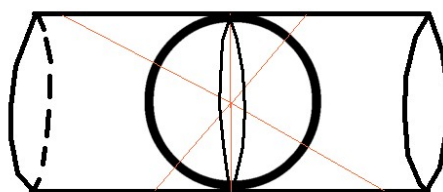
- **地籍測量・公共測量・それらに関する地図作成**
- **1/10,000以上の地図（基本測量図、公共測量図、その他民間地図）**

### 平面直角座標系

- **全国を19の座標系に分割**
- **日本独自の座標系**

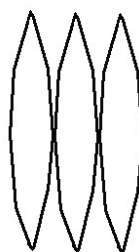


### ガウス・クリューゲル図法



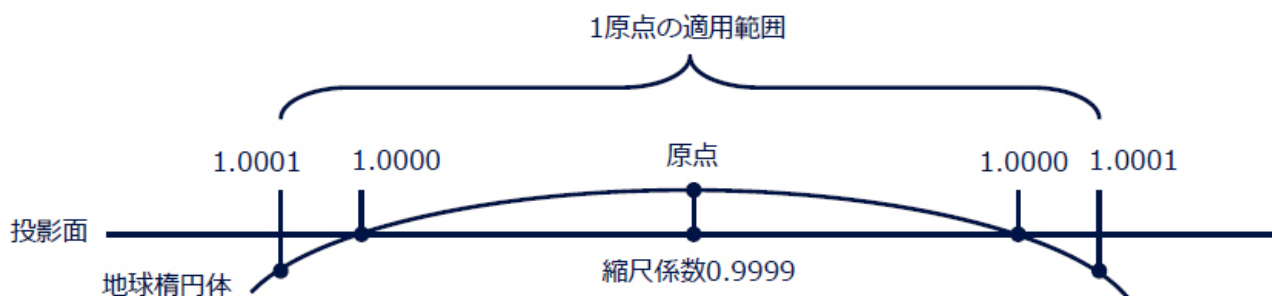
（回転楕円体の為の細かい計算方法はあるものの）

- ・ 基本的には横メルカトル図法の仲間
- ・ 中央経線から東西3度づつを描くため、誤差が少なくて済む。



←合わせるとこんな感じになる

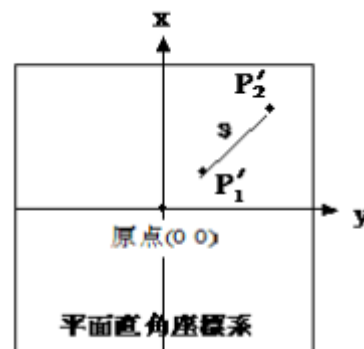
横メルカトル図法よりも小さい  
とはいえ、中央経線よりも周辺  
が広がってしまうのが問題



## 平面直角座標系の最大の注意点

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。

(平成十四年国土交通省告示第九号)



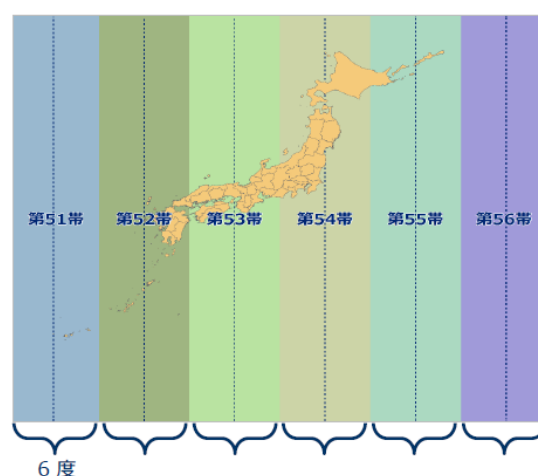
## その他日本でよく使用される投影座標系

### UTM (ユニバーサル横メルカトル) 座標系

全世界を経度 6 度ごとのゾーンに分けて東回りに番号を付けて規格化したもので、世界的にも大・中縮尺の図法として採用され、日本では国土地理院の地形図や地勢図で採用されている。UTM は Universal Transverse Mercator (ユニバーサル横メルカトル) の略称で、その名前のとおり投影法はユニバーサル横メルカトル図法を採用している。

日本で主に使用される UTM 座標系で定義されている地理座標系には、日本の測地系以外に WGS 84 がある。

### UTM座標系



#### ● 特長

- ガウス クリュージュル図法 (横メルカトル図法) で投影
- 全世界を北半球・南半球それぞれ60のゾーン (帯) に分割して管理

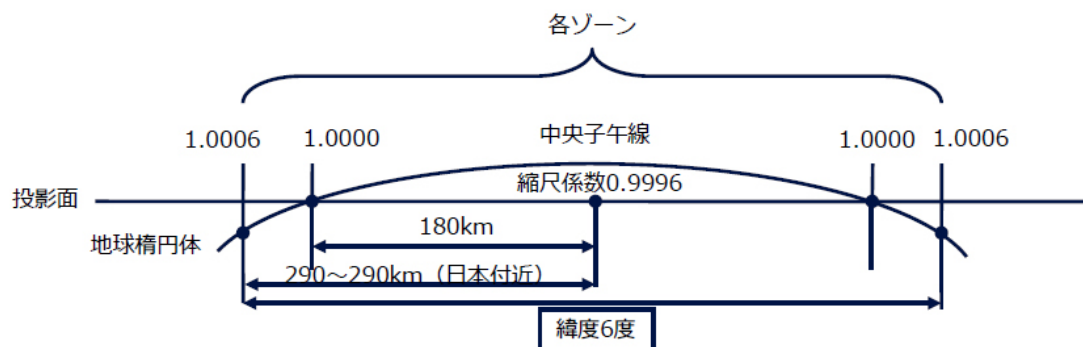
#### ● 精度

- 縮尺係数：中央経線上で0.9996  
中央経線から東西に約180km地点で1.0000
- 1ゾーン内の歪みが6/10,000以内に収まるように設計
  - 各ゾーン外に対して30分までオーバーラップしても精度は保証する

#### ● 用途

- 各国の大縮尺地図

- 全世界を北南それぞれ 6 度ごと 60 のゾーン (帯) に分割  
日本: 北半球の 51 帯～ 56 帯
- 原点は赤道と各帯の中央経線 (上図点線) の交点



## Web メルカトル座標系

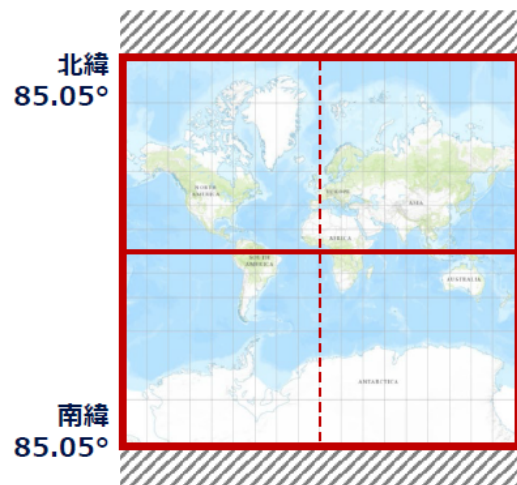
主要な Web マップサービスで使用されている座標系。投影法はメルカトル図法を採用しているが、地球の形状を楕円体ではなく球体と定義して投影している。

球体の半径は、WGS 1984 楕円体の長半径の長さと同じ。

正方形の座標系で見やすいが、高緯度地方をカットして誤魔化しているので注意。当然ながら、面積の計算には適さない。

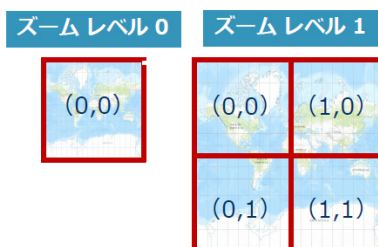
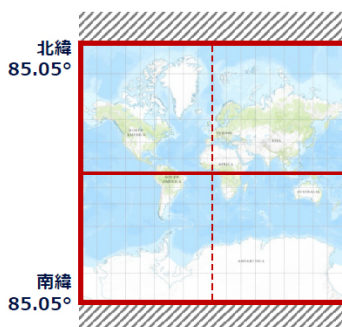
因みに、Google Map はこの座標系を採用していると思われるが、詳細はベールに包まれている。

## Webメルカトル図法



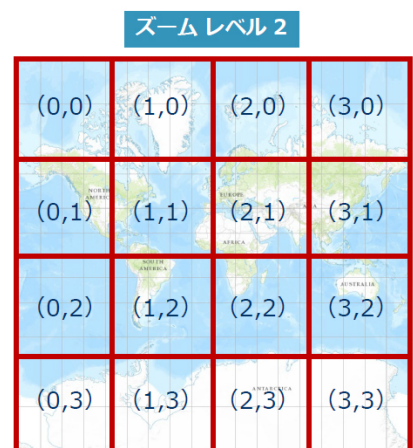
- 南緯、北緯 85.05 度以降をカットした正方形の座標系
- 面積の計算に適さない

- 南緯 85.05 度以南、北緯 85.05 度以北をカットした正方形 (タイル) の世界地図
- Web アプリケーション (ArcGIS Online や Google マップ) で利用
- ズーム レベルごとにタイルを準備し、高速に表示可能



タイル数：  
 $2^n \times 2^n$  (nはズームレベル)

地図のURL  
`https://xxxxxx/{ズームレベル}/{タイル座標のX値}/{タイル座標のY値}.{拡張子}`



**注意: 面積等の計測には適さない**

<おまけ>

新型コロナウイルス報道に用いられている世界地図の投影法について

<http://yamao.lolipop.jp/map/2020/nCoV/w-map.htm>

ESRI

<https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>

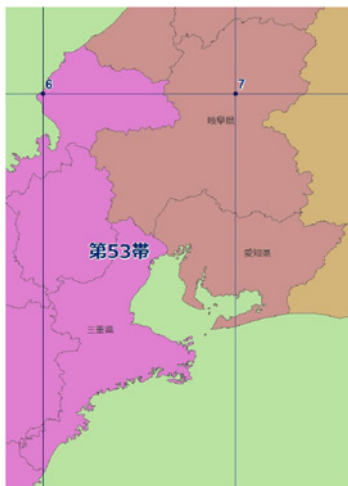
## 日本でよく使用される投影座標系の例

座標系の名称	ArcGIS Pro のプロパティ上での表記
平面直角座標系 第 9 系 (Tokyo)	Japan Zone 9
平面直角座標系 第 6 系 (JGD 2000)	JGD 2000 Japan Zone 6
平面直角座標系 第 2 系 (JGD 2011)	JGD 2011 Japan Zone 2
UTM 座標系 第 54 帯 N (Tokyo)	Tokyo UTM Zone 54N
UTM 座標系 第 53 帯 N (JGD 2000)	JGD 2000 UTM Zone 53N
UTM 座標系 第 52 帯 N (JGD 2011)	JGD 2011 UTM Zone 52N
UTM 座標系 第 51 帯 N (WGS 1984)	WGS 1984 UTM Zone 51N
Web メルカトル図法 (球体補正) (WGS 1984)	WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere

- 投影座標系の名前には 要素として含んでいる地理座標系がついている  
**JGD 2011 Japan Zone 2**  
└──┬──┘  
地理座標系      平面直角座標系      2系

## 平面直角座標系と UTM 座標系の使い分け

- より正確な地図表示、面積・距離計算のために



### 平面直角座標系を使用

- ◆ 1 都道府県 (例: 愛知県 → 平面直角座標系 第 7 系)
- ◆ 平面直角座標系の同一地域に属する複数の都道府県 (例: 愛知県と岐阜県 → 平面直角座標系 第 7 系)

### UTM 座標系を使用

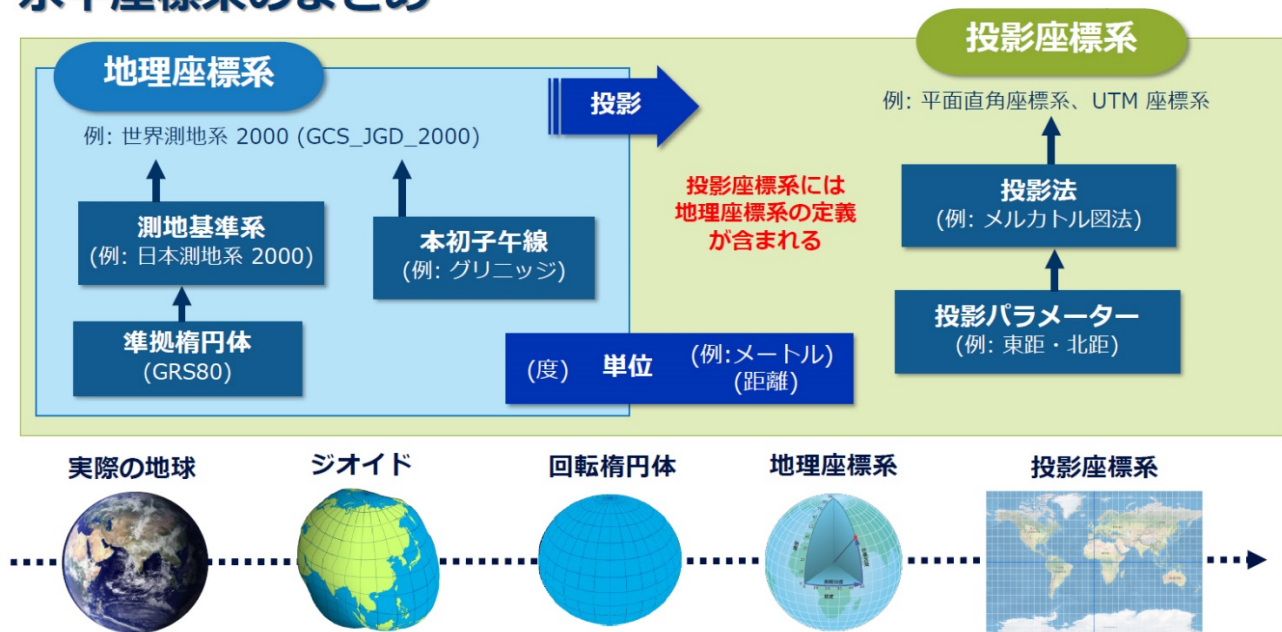
- ◆ 異なる平面直角座標系の地域に属し、UTM 座標系で同一帯に属する複数の都道府県 (例: 愛知県と三重県 → UTM 座標系 第 53 帯)

※ 複数の都道府県が UTM 座標系の帯をまたいでいる場合

- ・ 地図表示: 多数の地域が属する帯に合わせる or 他の投影座標系を利用
- ・ 面積や距離計算: 属する UTM 座標系の帯ごとに計算を行い、計算値を属性として入力



## 水平座標系のまとめ



### << 息抜き コラム >>

地球の円周は約 40,000,000m なので、地球を円周 40,000,000m の球体と仮定する。

さて、右図のように、地球の円周 40,000,000m よりわずかに 10m だけ長いロープを用意して、地球の周り囲うようにロープを一周させると、地球とロープとの間には隙間ができる。このとき、地球とロープの間にはどれくらいの隙間ができるか？

計算しないで直感的に選んでください。



- ① 髪の毛も通せないぐらいの隙間
- ② 鉛筆を転がせるぐらいの隙間
- ③ ねずみが通れるぐらいの隙間
- ④ 犬が通れるぐらいの隙間
- ⑤ 人が立って通れるぐらいの隙間



## 80 位置情報データを扱うときのトラブル・・・覚えていて欲しい重要なことです

位置情報を扱うときに最も多いトラブル・・・それは・・・

いろいろな地図データを PC で表示させても、正しい位置に表示できない

同じ場所の地図を重ねて表示したいのに、重ならない

GPS データを表示させようとしても、表示できないか、全然違う場所に表示されてしまう

異なる座標系のデータを同じ地図上に表示させようとする、所有データと背景地図が重ならない

でも、正しく重なることもあるのに、ときどき重ならないこともあったりする

〇〇〇座標系だと説明があったのに、その座標系で表示するとおかしい表示になってしまう

・・・・・・その他いろいろありますが・・・・・・

以上のトラブルはすべて、あなたが測地系や座標系を正しく理解していないことが原因です。

他人のせいにはしてはいけません。もし他人からもらった怪しいデータであっても、あなたがしっかり正しい処置をしさえすれば、必ずトラブルは解決すると断言しておきましょう。

トラブルを解決する上で、最もやってはいけないことは・・・

焦ってしまって無理矢理、重ねてしまうこと 図形を勝手に修正したり、移動させたり・・・

これをやったら、もう二度と正しいデータに戻りません。

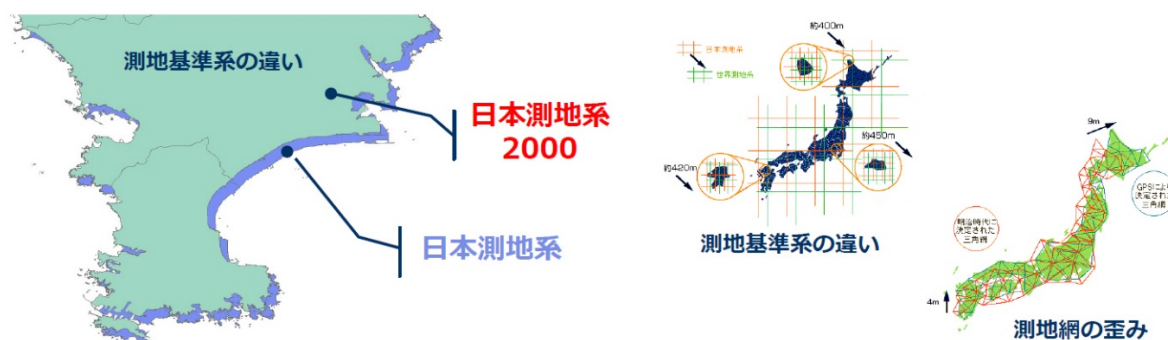
とにかく、オリジナルデータには一切手をつけないで保存しておいてください。

そして、必ずオリジナルデータをコピーしたもので作業してください。

万が一、それを毀損したとしてもオリジナルデータさえあれば、もう一度チャレンジできるから。

### GIS データを入手したら測地基準系を確認

- 日本測地系と世界測地系(日本測地系 2000、日本測地系2011、WGS1984)のデータをそのまま重ね合わせると **400 ~ 450m のずれ**が生じる
- 現在も日本測地系 (D\_Tokyo) で提供される GIS データが存在
- 必要に応じて投影変換やリアルタイム投影を行う



位置情報のデータを扱う機会が増えてくると、自ずと「勘」みたいなものが備わってきます。

そのデータを見ただけで、どんな測地系でどんな座標系で・・・とわかるようになり、もっと慣れてくると、このデータを扱った人がどんな作業をしたからこうなった、のようなことまで見えてきます。

データの履歴が見えてくるようになったら、もう何も言うことはありません。

## 座標値からUTM座標系、平面直角座標系、地理座標系を推測する

- 日本の座標系の場合、座標値の特徴からUTM座標系、平面直角座標系、地理座標系を推測することが出来ます。
- 座標値からどの地理座標系を使用しているかについては推測できません。
- 基本的にはデータの入手元にどの座標系のデータであるか確認が必要です。あくまで参考程度に使用してください。

座標系	座標値の特徴	座標値の例（栃木県日光市）※	
		X 座標値 ※2	Y 座標値 ※2
UTM座標系	X 座標が正 6 桁、Y 座標が正 7 桁	383,000 m	4,065,000 m
平面直角座標系	座標値にマイナス (-) が含まれている場合がある	-13,000 m	80,000 m
地理座標系	X 座標値が120°~150° 台、Y 座標値が 20°~40° 台	139.7 °	36.7 °

※この表の例の座標値は、UTM座標系第 54 帯、平面直角座標系 第 9 系の座標値です。地理座標系（測地基準系）は JGD 2000 です。

※2 平面直角座標系は原点を通る子午線がX軸となります。

最後に・・・パラメータによる座標変換の操作を何度も繰り返してやってはいけません。

たとえば、円の円周長を円周率 3.14 で割り算して直径を計算したとき、またその直径に 3.14 を掛け算して元の正しい円周長が出ないことと同じです。

もうおわかりでしょうが、円周率=πであって、正確には3.14 ではないのです。よって、これを何回も繰り返すと、微妙な端数が切り捨てられて（切り上げられて）しまい、どんどん真の値から外れていってしまうからです。この意味が位置情報を扱う上で「とてもマズい」ことがわかるようになったら、あなたはすでに十分に位置情報の意味を理解していることでしょう。

## 日本測地系 2011

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」による大きな地殻変動が観測された東日本（北海道を除く）や北陸地方の測量成果に基づいて構築された日本の測地系で、2011 年 10 月から採用されています。

## その他日本でよく使用される地理座標系

---

### WGS 84

米国で採用されている世界測地系で、GPS の運用に使用されています。

## 日本固有の投影座標系

---

### 平面直角座標系

日本の公共測量で採用されている座標系で、国土地理院刊行の「1/2,500 国土基本図」や「1/5,000 国土基本図」、「1/10,000 地形図」など、大縮尺地図で利用されています。投影法は[ガウス クリュージュル図法](#)（「横メルカトル図法」とも呼ばれる）を採用し、楕円体面を平面に投影することによる歪みを小さくするために、日本全国を 19 の地域に分割してそれぞれに座標原点を設けています。座標原点から東西 130km が各座標系の適用範囲です。

投影座標系は地理座標系の定義を包含していますが、平面直角座標系で定義される地理座標系には、日本測地系、日本測地系 2000、日本測地系 2011 があります。

## その他日本でよく使用される投影座標系

---

### UTM 座標系

全世界を経度 6 度ごとのゾーンに分けて東回りに番号を付けて規格化したもので、世界的にも大・中縮尺の図法として採用され、日本では国土地理院の地形図や地勢図で採用されています。UTM は Universal Transverse Mercator（ユニバーサル横メルカトル）の略称で、その名前のとおり投影法は[ユニバーサル横メルカトル図法](#)を採用しています。

日本で主に使用される UTM 座標系で定義されている地理座標系には、日本の測地系以外に WGS 84 があります。

## GIS ファーストインプレッション

ArcGIS で使用されるいくつかの用語がありますので、ここで確認してください。

### ■ArcGIS Desktop 製品について

ArcGIS Desktop は、ArcMap、ArcCatalog、ArcToolbox という 3 つのアプリケーションで構成されています。

**ArcMap** ・ ・ GIS データの編集、解析、マップの表示方法の設定等を行います。

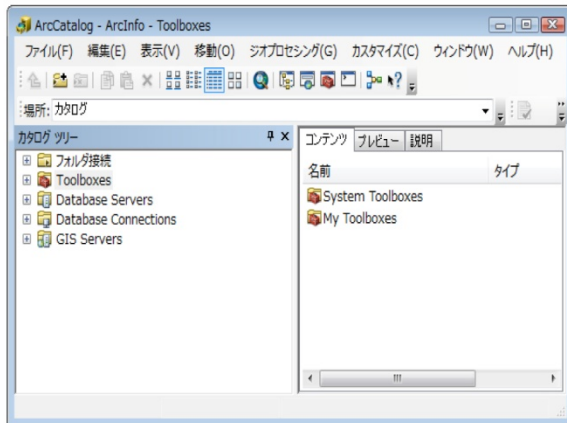
**ArcCatalog** ・ ・ GIS データの効率のよい管理、検索を行います。

**ArcToolbox** ・ ・ GIS データのフォーマットの変換や座標系の定義・変更を行います。

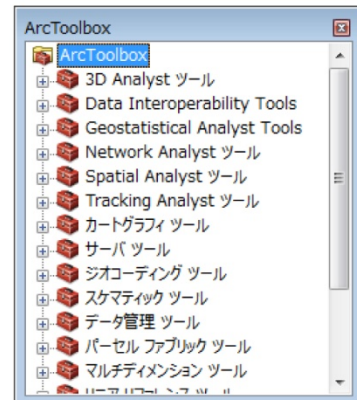
本ワークブックでは、主に ArcMap を使用します。

ArcMap で行った表示方法の設定などは“ファイル名.mxd”というファイルに保存できます。

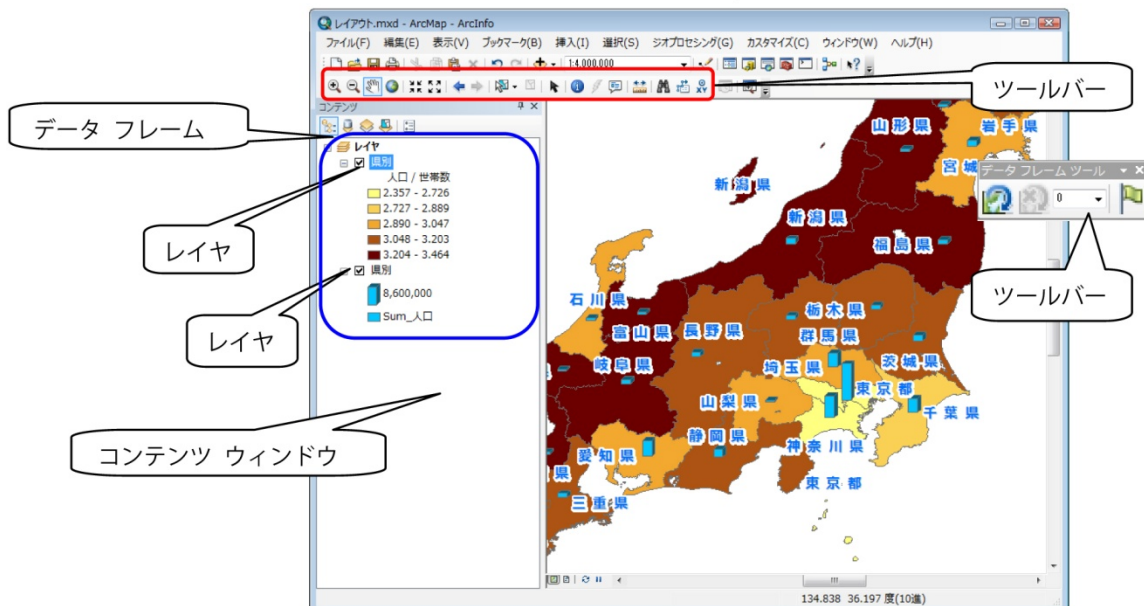
ArcCatalog



ArcToolbox



ArcMap



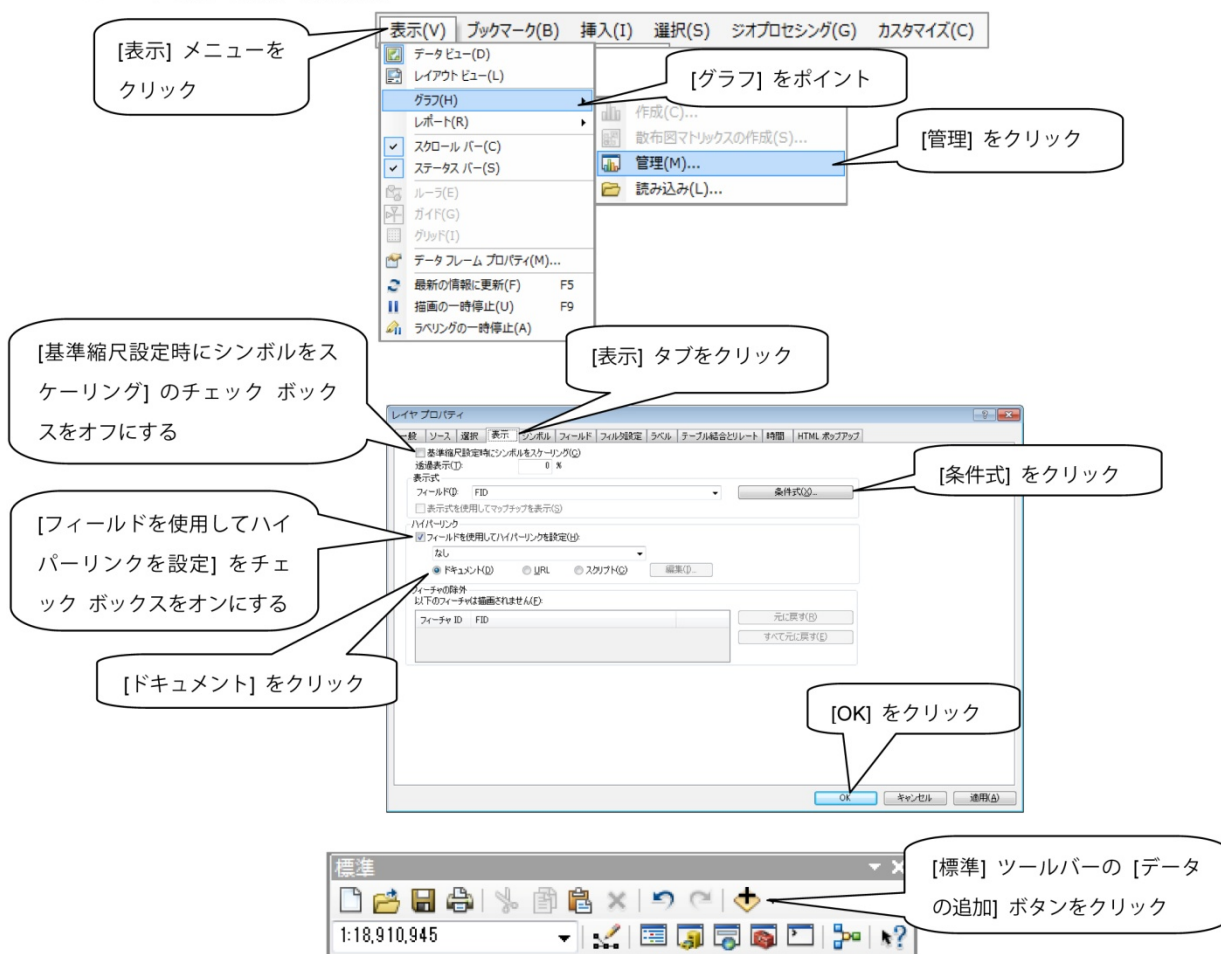
ArcGIS Desktopは、Windowsの標準に準拠するGUI（メニュー、ボタン等）で構築されています。

## ■マウス操作

マウス操作に関しては以下のように記述します。

操作内容	当ワークブックでの記述法
左クリック	クリック
右クリック	右クリック
マウスカーソルをある場所に移動させること	ポイント

## ■GUIに関する操作の記述例



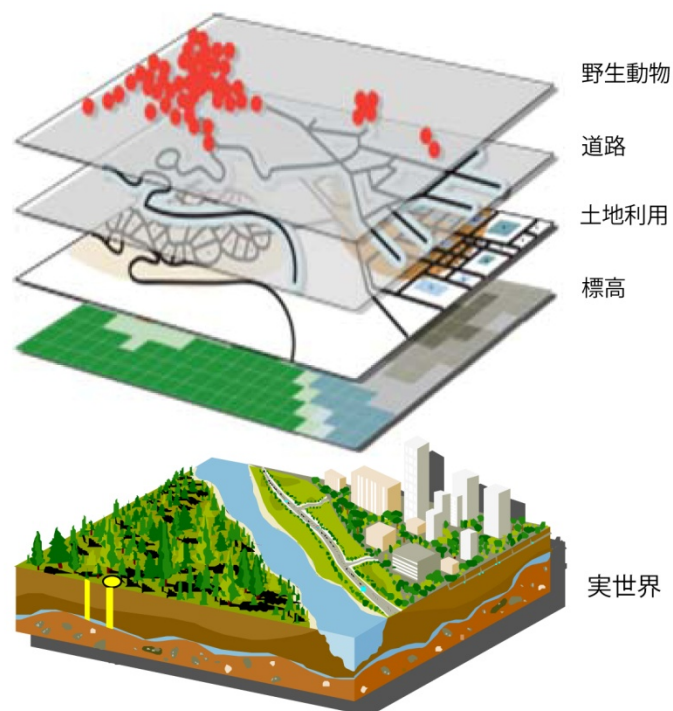


## データ モデル

実世界の地物を表現するために GIS では一般的にベクトル、ラスタ、TIN の3つのデータモデルを利用します。

### ■解説

GIS は現実世界の問題を解く問題解決ツールです。そのために実世界に存在するさまざまな地物をデータ化する必要があります。GIS では様々な主題をレイヤとしてデータ化しますが、GIS ではいくつかのデータ モデルが考案されています。



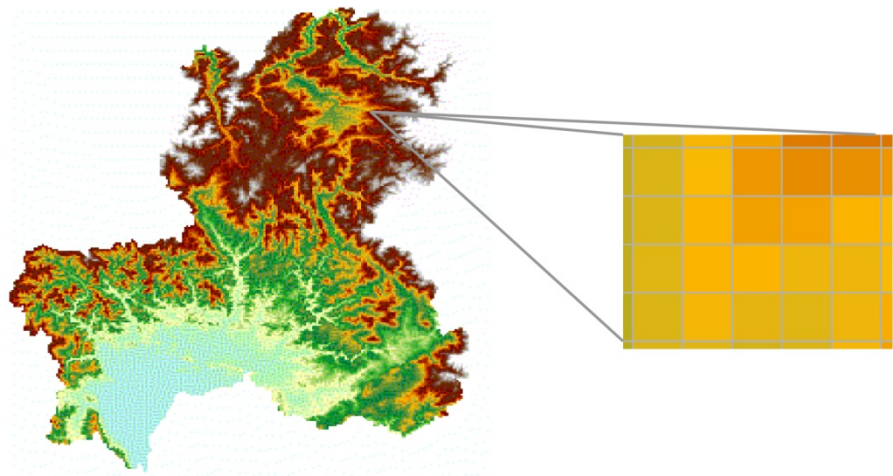
種類	適する地物	表現方法	例
ベクトル データ	形状が明確で境界がある地物	図形（点・線・面）	家屋形状、土地区画
ラスタ データ	連続的に変化する地物	セル	標高、汚染濃度、騒音レベル
TIN	連続的なサーフェス	不規則三角網	標高

## ■データの例

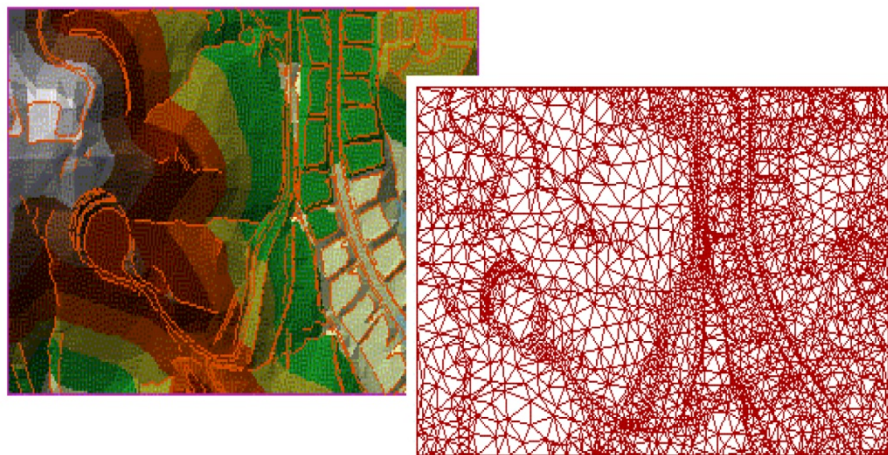
### ベクトル



### ラスタ



### TIN



(演習) 下図はある地区の森林基本図である。GISを使って森林作業道を計画してみよう。

- (1) 集落とこの地区の最高地点との標高差はいくらか。
- (2) アおよびイの記号は何か。
- (3) オ地点の施設は何か。
- (4) 林道の終点であるウ地点の標高は約何mか。
- (5) 林道をウ地点からエ地点の鞍部まで延長したい。このとき、気をつけるべきことは何か。
- (6) (4) の林道の延長は約何mになりそうか。また、その勾配は何%か。
- (7) この林道が完成したとき、これを利用してできる林業地の範囲はどれくらいか。
- (8) 梅原から東方面も成熟した林分があるとき、どのようにしてこれらを利用すべきか。
- (9) この地図の範囲内で林産業を開始しようとするとき、この地図に不足している情報は何か。

