

大項目	3	持続可能な地域づくりと私たち			
中項目	3-1	日本および世界の災害と防災を考えるための自然地理			
小項目	3-1-2	島弧で起きている現象とその分布（土地の移動、火山、地震、隆起・沈降、侵食）			
細項目 （発問）	3-1-2-1	大地の動き（土地の移動、隆起沈降、活発な侵食堆積まで）を理解する			
作成者名	鈴木 毅彦	作成日	2021/2022/2023/2024	Ver.	1. 3
キーワード 5~10 個程度	変動帯 湿潤変動帯 プレート 狭まる境界 地震 降水量 隆起・沈降 活断層				

### 発問の意図と説明

#### （1）地球全体から日本列島のおかれた位置をみる。

日本列島は太平洋西部に位置し、北緯約 25～45 度という中緯度域に位置する。この領域は、海洋プレートである太平洋プレートとフィリピン海プレート、大陸プレートである北アメリカ（北米）プレートとユーラシアプレートが接する境界付近であると同時に、前線が発達し台風の経路となる地域でもある（図 1）。プレート境界付近は世界的にみても地殻変動、地震活動、火山活動が活発な地域であり、このような場所は変動帯と呼ばれ、日本列島も変動帯に属する。また日本列島付近では前線が発達し台風の経路となり降水量が多い。このような自然条件から、日本列島は湿潤変動帯と称され、隆起・沈降をはじめとする地殻変動が見られると同時に、活発な侵食と堆積が行われる場でもある（参考文献 1, 2）。

日本列島周辺のプレート境界では地球の表面上を移動するプレートどうしが近づく場所であり、狭まる境界や収束境界と呼ばれている。2つのプレートが近づくとき密度が大きい方のプレートが密度の小さい方のプレートの下に斜めに沈みこむ（図 1）。一般に海洋プレートと大陸プレートでは前者の方が密度が大きく、日本列島周辺では北アメリカプレートとユーラシアプレートの下に太平洋プレートやフィリピン海プレートが沈みこむ。一方、太平洋プレートとフィリピン海プレートでは前者がより密度が大きいため、フィリピン海プレートの下に太平洋プレートが沈みこむ。なお2つのプレートの密度差が小さいと沈みこみが生じにくくなり衝突する。フィリピン海プレート北端の伊豆半島の付け根付近がその様な衝突の場所であり、それが原因で周辺は日本列島の中でもとくに地殻変動が活発な地域となっている。

#### （2）日本列島の起伏を生じさせた隆起・沈降。

狭まる境界では沈みこみや衝突が生じ、陸側のプレートに強い力がかかり地殻変動が活発になる。地下の岩盤にかかる力は応力と呼ばれ、日本列島の多くの場所ではプレートの進行方向に強い押す力がかかる。このため日本列島の応力場は圧縮場といえる。岩盤に応力がかかり続けると歪みが蓄積し、それを解消するために断層に沿って岩盤がずれ動いたり、褶曲が形成される。断層が動くことにより発生するのが地震であり、日本列島で地震が多いのは岩盤に絶えず力がかかっているためであり、火山性の地震を除く全ての地震は地下での断層活動による。地震の規模を示すマグニチュードが 7 前後を超えると断層の規模（断層面の幅や長さ、ずれの量）が大きくなり、断層のずれが地表にまで到達する。こうした場合、地表面にずれが出現し、これは地表地震断層（図 2）と呼ばれる。

地表でのずれ方には断層を挟んで片側が相対的に高くなるもの（逆断層や正断層）と、水平方向にずれ違うもの（水平ずれ断層）があり、両方の成分を含むこともある。地表地震断層が生ずる断層は繰り返し活動し、過去数 10 万年間（目安は研究者により異なる）にそのような活動履歴があるものは活断層と呼ばれ、直下（型）地震（内陸地震）を発生させる。活断層が繰り返し活動すると地表面のずれが累積する。逆断層や正断層では鉛直方向にずれが累積するので隆起側に丘陵や山地（断層山地）の高まりがつけられ、沈降側では地層が堆積して盆地や平野が形成される。また断層を伴わない曲動と呼ばれる、ゆったりとした隆起・沈降も生じる。このようにして日本列島各地で起伏が顕著になり、山国と呼ばれる国土となった。

## 図表のページ

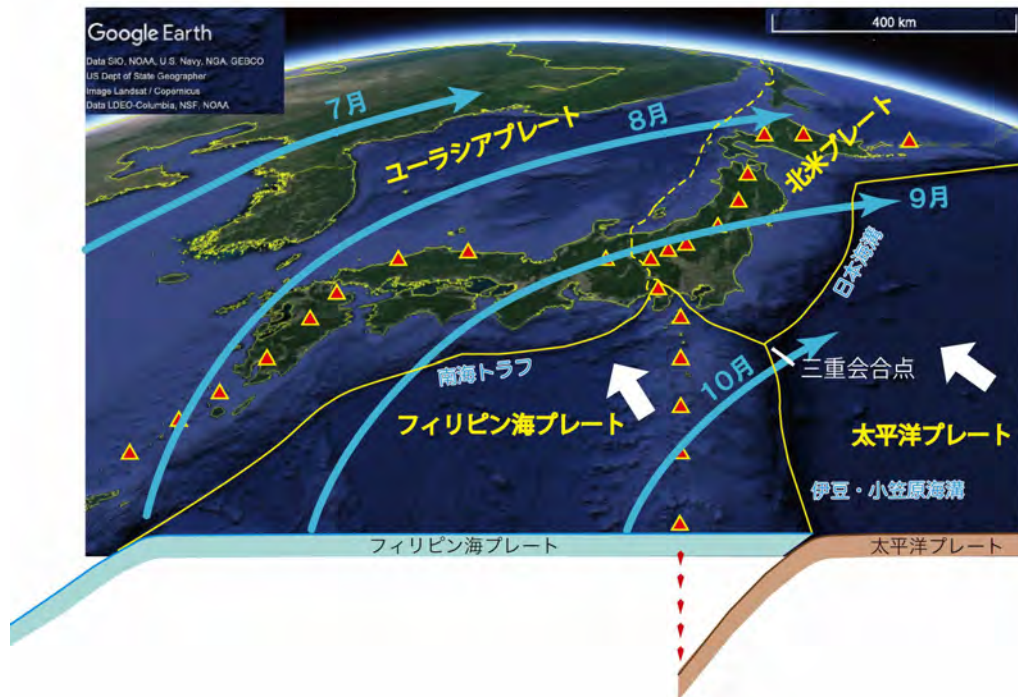


図1 日本列島周辺のプレートと火山（赤三角）、台風の名別の主な経路（水色の線）  
背景は GoogleEarth による。

（『日本列島の「でこぼこ」風景を読む』（ベレ出版）の図をもとに気象庁の web サイト（参考 url1）を参考に加筆修正）2021年10月13日ベレ出版著作権使用許可



図2 2011年4月11日に発生した直下地震「福島県浜通りの地震」で出現した地表地震断層  
（2011年5月、いわき市塩ノ平で撮影）

### (3) 大地の動きを計測する。

プレートの収束境界である日本列島周辺は、地表面の水平方向、鉛直方向の動きが活発である。このような動きは平常時もあるがほとんど感じることはできない。しかし地震時には海岸の隆起・沈降（地震性地殻変動と呼ばれる）や、直下地震を発生させる活断層沿いに現れる低断層崖などの地形により、目に見える動きも生ずる。平常時や地震時の動きが長期におよぶことにより、水平方向の変動は島や半島、さらには日本列島のかたちを変化させる。また、鉛直方向の変動は山地や盆地の形成に繋がり地形に起伏を与える。

近代以降の地殻変動は測量により検出されてきた（参考文献 3）。明治政府は近代的な地図を作成するため、全国に三角点を設置して三角測量を、また水準点により水準測量を実施した。これにより 1891 年濃尾地震（活断層である根尾谷断層による、国内最大規模の直下地震）による断層の変位量、また関東大震災を引き起こした 1923 年大正関東地震による水平および垂直の変動量の分布図が示された。このように大きな地震、あるいは火山噴火が発生すると三角測量、水準測量により面的な地殻変動が把握される。一方で地震間や噴火間の平常時とも言える期間の地殻変動の様子も明らかにされ、地震性地殻変動だけでなく、平常時の地殻変動も計測されてきた。三角測量も水準測量も人力による地道な作業であり、まとまった測量データが得られるまで時間もかかる。これに対して最近では、新しい技術により大陸間規模の地殻変動や宇宙から見たリアルタイムといえる時間精度で地殻変動を知ることが可能になった（参考 url2）。

大地の動きを知る上で地球のかたちを把握し、各地点の正確な位置を知ることは欠かせない。正確な位置を決めるには、地球規模の測地基準座標系に基づくことが必要で、それを支える技術が天体からの電波を利用してアンテナの位置を測る、VLBI（Very Long Baseline Interferometry：超長基線電波干渉法）である。この技術により、ハワイと日本の距離が 1 年間に約 6 cm ずつ近づいていることが分かり、太平洋プレートが日本列島に向かうという、プレート運動の考え方を裏づけている。一方、国内では大地の動きを知る上で欠かせないのは電子基準点（全国約 1,300 地点）による大地の動きの計測である。電子基準点は人工衛星からの電波をキャッチし、その位置を正確に計測するもので GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）というシステムを利用している。スマートフォンの GPS 機能と同様であるが精度がはるかによく、電子基準点の位置をセンチメートル単位で計測でき、しかも 1 秒間隔のデータをほぼリアルタイムに取得することができる。このように長らく測量の主役であった三角点の役割は、一部が電子基準点に移りかわり、その変化は地形図の記号にも現れている（図 3）。

近代以前の大地の動きを知るには大きく分けて 2 つの方法がある。1 つは人が残した古文書や絵図によるものであり、もう 1 つは地形・地質から読みとる方法である。参考文献 4 によれば前者については以下のことが知られている。日本で最初に記録された地震は西暦 416 年のもので『日本書紀』に記されている。これ以降多くの地震の記録が古文書に記録されており、現在その発生が危惧されている南海トラフ沿いの海溝型地震については、西暦 684 年の白鳳地震以降多くが記録され、その発生履歴に基づき将来の発生時期が検討されている。このような記録は文字情報だけでなく、絵図にも示されており、地震時の隆起・沈降の状況が具体的に示されていることも多い。西暦 1703 年に相模トラフで発生した元禄関東地震はマグニチュード 8 クラスの巨大海溝型地震で、房総半島南端部では最大約 6 m の隆起が生じた。地震前に作成された絵図から当時の海岸線は現在よりも最大で 500 m 程内陸にあったことが知られ、地震前の古地理が復元できる。

古文書などの歴史記録がない過去については野外で得られる地形・地質学的な証拠から過去の大地の動きを復元できる場合がある。歴史時代ではあるが上記の元禄関東地震時の隆起は、波食棚や過去の海岸線（旧汀線と呼ばれる）などの海岸地形から知ることができる（図 4）。旧汀線の地形と当時その付近に生息していたヤッコカンザシ（石灰質の巣をつくる生物）の化石を検出し、地震前の海岸線の位置と化石から地震の年代を復元した結果は、絵図と整合することが確かめられている。このような過去の海面や河床の位置を示す地形から鉛直方向の地殻変動を数量的に求めることができる。例えば数 10 万年前から数千年前にかけて形成された海岸（海成）段丘を用いて、この間の平均的な隆起速度を知ることができる。とくに約 12 万年前の最終間氷期最盛期に形成された海岸段丘は日本各地で認定されており、地域毎の地殻変動の特徴が詳細に明らかにされている（参考文献 2）。

## 図表のページ



三角点：東京都町田市，現在は消失



電子基準点：東京都神津島村

図3 三角点から電子基準点に移りかわった測量の主役  
 (『日本列島の「でこぼこ」風景を読む』(ベレ出版)の図を加筆修正)  
 2021年10月13日ベレ出版著作権使用許可



図4 元禄関東地震直前の海岸線の地形と当時の海面を示すヤッコカンザシの化石(右側の拡大写真)  
 (2010年3月、房総半島南端部白間津港付近で撮影)

#### (4) 起伏をうち消す侵食作用とマスウェイスティング。

地殻変動による隆起で形成された山地や丘陵は地球の陸上地表面に発達する凸地形であり、それらは侵食作用やマスウェイスティング（マスマーブメントとも呼ばれる、重力により斜面の地表付近の物質が下方に移動する現象）により削り取られる方向にある。侵食作用を引き起こすものは風や水、氷河などによるものが知られており、いずれの作用が卓越するかは当該地域の気候と密接に関わる。降水量の多い日本列島では流水による侵食作用が強く働く。また様々な地質からなる日本列島では風化しやすい岩石や厚い土壌がいろいろな組合せで出現し、それに対して降雨や地震を引きがねに地すべりなどのマスウェイスティングがしばしば発生する（参考文献5）。

日本列島の山地は多数の谷が発達し複雑な地形を呈する（図5）。これらは流水による侵食で谷が形成されたものであり、谷を挟む両側斜面は直線上であるのでV字谷と呼ばれ、国内の侵食地形の代表例でもある。流水による侵食作用の強さは河川の流量や河川勾配によって左右され、大雨などにより流量が増大すると侵食が強まる。侵食作用を促す大雨は日本列島の場合、前線の活動度や台風の襲来頻度にも依存する。このことは河川上流部に発達する河岸（河成）段丘と呼ばれる地形にも記録されている。最終氷期（11.5～1.2万年前）後半においては前線の活動度や台風の襲来頻度が減少して流量が小さくなり、河川上流部では侵食作用ではなく堆積作用が卓越し、厚い河川性の堆積物が堆積した。その後1万年前以降の後氷期と呼ばれる温暖期になり前線の活動度や台風の襲来頻度が高まり流量が増大し侵食作用が活発化した。これにより下刻作用が強まり、最終氷期に堆積した堆積物は河岸段丘となり当時の堆積作用を記録している（図6）。

以上の事は長期にわたる気候変動と侵食作用の関係を示しているが、現在我々が目にする地すべりや斜面崩壊なども起伏を小さくさせるマスウェイスティングと捉えることができる。梅雨時や台風の襲来時には毎年のように各地から斜面崩壊による被害が報告される。これらは比較的規模が小さく地下の浅い部分が表層崩壊していることが多い。

また起伏のある場所は重力的に不安定なため、地震時の強い揺れにより斜面がしばしば崩壊する。このような崩壊は突発的であり、崩壊した土砂が高速で流下し大規模な災害に繋がる。最近の事例では2018年北海道胆振東部地震や2016年熊本地震の際、地表下の浅い部分にあるローム層（降下テフラや火山灰土の累層）で流動性地すべりと呼ばれる崩壊が生じた。一方、地震時の崩壊には地表下の深部に達することもあり、巨大崩壊と呼ばれる大規模な崩壊も発生する。とくに不安定な火山体で発生することが多く、1888年の会津磐梯山の崩壊や、1792年に崩壊がもたらした津波による「島原大変肥後迷惑」を発生させた雲仙眉山の山体崩壊がよく知られている。後者の事例は雲仙普賢岳の噴火期間中に発生した地震が原因であるため、火山災害（死者・行方不明者1万5000人）として捉えられ、国内史上最悪の火山災害と位置づけられている。

#### 参考 URL サイト（以下のホームページは、2024年3月参照確認）

参考 ur11 <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/typhoon/index.html> 気象庁：台風について

参考 ur12 <https://www.gsi.go.jp/kizyunten.html> 国土地理院：基準点・測地観測データ

#### 参考文献

- 1：鈴木毅彦（2021）『日本列島の「でこぼこ」風景を読む』．p302，ベレ出版。
- 2：太田陽子・小池一之・鎮西 清高・野上道男・町田 洋（2010）『日本列島の地形学』．220p，東京大学出版会。
- 3：宇根 寛（2021）『地図づくりの現在形 地球を測り、図を描く（講談社選書メチエ）』．256p，講談社。
- 4：加納靖之・杉森玲子・榎原雅治・佐竹健治（2021）『歴史のなかの地震・噴火 過去がしめす未来』．260p，東京大学出版会。
- 5：貝塚爽平・太田陽子・小疇 尚・小池一之・野上道男・町田 洋・米倉伸之・久保純子・鈴木毅彦（2019）『写真と図でみる地形学 増補新装版』．272p，東京大学出版会。

## 図表のページ



図5 国内でも有数な起伏をもつ赤石山脈北部と甲府盆地（右側）の地形  
（2018年3月、羽田発大分行旅客機より撮影）



図6 相模川上流、桂川（山梨県大月市鳥沢付近）の最終氷期に形成された河岸段丘とそれを侵食する現在の谷地形（地理院地図による地形図と陰影起伏図）



図7 2016年熊本地震で発生した流動性地すべり  
（2017年3月、南阿蘇村京大火山研究所（白い建物）付近で撮影）