

# 地形の複雑性に基づく対馬および周辺地域の気候分析

江上 邦博

## A Climatic Analysis of Tsushima Island and Some around Area with Considering a Complex Terrain Topography

Kunihiro EGAMI

### Abstract

A topographical background of vegetation was examined on the previous report as the case study of south Chiba area. In this paper, spatial data of Tsushima-island and some around area such as Iki-island and Jeju-island were analyzed with GRASS GIS. Especially, it is designed to explain numerically the complexity of Tsushima nature. A climatic effect on topographical features was examined from using a slope gradient distribution and a global solar radiation. To verify the results, calculated and observed values were compared in the solar radiation analysis. And with evaluating current vegetation, several difficulties of this analysis for Tsushima-island are discussed.

### キーワード

対馬, 壱岐, 済州島, 房総丘陵, GIS, 日射量分析

### Key-words

Tsushima Island, Jeju Island, Global Solar Radiation, Climatic Analysis

## 1. はじめに

関東地方を主とする自然環境の研究[1-3]をもとに、本研究では対馬を含む東シナ海周辺地域に研究対象を広げ、地形や気候的な類似性に着目し、数値情報を基に視覚化するものである<sup>[4,6]</sup>。情報処理を中心として進める本論では、数値地図を用いて勾配分布を「谷密度」として表現し、地形的な複雑さの指標として扱うことを提案した。さらに地理的環境との差異に関して国土数値情報を用いて、日射量の強弱分布を求め、気温環境のより詳細なモザイク状況の図化を行った。

先行研究[2]では、エネルギー収支の点から日射量分布の多様性や複雑性が、気候環境の複雑さの原因となりうることを示した。

本研究のように研究手段としてICT機器を活用するのは、コンピュータ技術のソフトウェア面、特に環境分析に利用可能な各種データの整備が進んだことによるこ

ろが大きい。そのおかげで、地理的な情報を基本的な枠組みとし、それにあらゆる情報を結び付けて「地理空間情報」を扱うシステムである地理情報システム（GIS：Geographic Information System）の活用範囲が広がった。典型的な例として、数値標高モデル（DEM：Digital Elevation Model）の数値地図を基盤とし、気象や植生・地質など様々なデータを重ね合わせて分布をモデル化する研究「気候エンベロープモデル（Climate Envelope Model）」への活用がある<sup>[7,8]</sup>。実地調査や直接観測を基にした一次データの取得には、大規模な現地調査が必要になり経費等の負担が大きい。公開された高精度の情報を活用することで、一次データを取得し整備する余裕がない研究者においても、地域的地理空間を対象とする研究への参加が可能な分野となっている。

しかし、その一方で対象の分析にICT機器を使ったからといって研究内容は簡単になるわけではない。気候環

境そのものの仕組みが複雑で、基礎的气候要素である気温の決定に関与する数値や現象が多岐にわたっているためである。さらにそれぞれの現象の相互作用による変動には特有の時間スケールが存在し、そうした変動を受けて気候は多様性に富むものとなる。また、公開データにも問題がある。こうした現象を理解するため、収集可能な気候観測データの充実に多大な努力が払われている。しかし、よくてせいぜい過去100年程度のデータしかないのが実情であり、観測域や測定項目も限られたものになっている場合が多い。データ精度もまちまちである。このため、現象をより詳しく知る上で情報不足が研究の大きな制約になっている。よって堂々巡りの議論になるが、調査・観測の資料不足の部分は、気候モデルを用いた数値的実験などでカバーすることになる。これが本研究のようなコンピュータを用いたシミュレーションを行うことの意味である。

さて、先に書いたように対馬を含む周辺地域には気候の要素が千葉に近い特徴を持ちながら、独自性の高い環境や文化を持つ島々が複数存在する。こうした地域は海からの影響度を表す隔海度が小さく海洋性の気候の影響を受ける地域である。冬の寒さや夏の暑さが軽減されるために、気温の年較差が小さいうえ年間を通して雨が降り湿度も高いという特性がある。このような海からの

影響を受けるという点で気候面の共通性が認められる一方、こうした地域の環境基盤や生活環境に顕著な違いがある。独自性が成立した背景には、例えば隔海度を大きくする効果などが必要になる。この「共通性」と「多様性」をもたらしている背景要素を、コンピュータを用いて気候面から検討する。

## 2. 南房総地域に類する特徴を持つ島々

千葉県南房総地域が持つ植生環境の特殊性は、複雑な地形を背景とする多様さにある。最高標高408mと全国的には丘陵を主とする低標高地の卓越する県でありながら、県南部には隆起・侵食を経て形成された深い谷が刻まれている。そこに本来は垂直方向の分布にみられる多様な植生がモザイク状に圧縮される「寸づまり」と呼ばれる現象がみとめられる<sup>9)</sup>。加えて太平洋に向かう三方が海に囲まれた半島であり、南部には西日本の太平洋側に連続する海洋性気候や文化の影響もみられるなど、興味深い民族的な特徴ももつ。

本研究ではこの千葉南房総地域を基本としつつ、対馬や壹岐および韓国の済州島を比較対象地と設定する。それぞれの地理関係を図1に示した。対馬は南北に細長い形状をもち、明治期に万関瀬戸で掘りきられて以来、現在は分離する南北の島によって形成されている。本論で

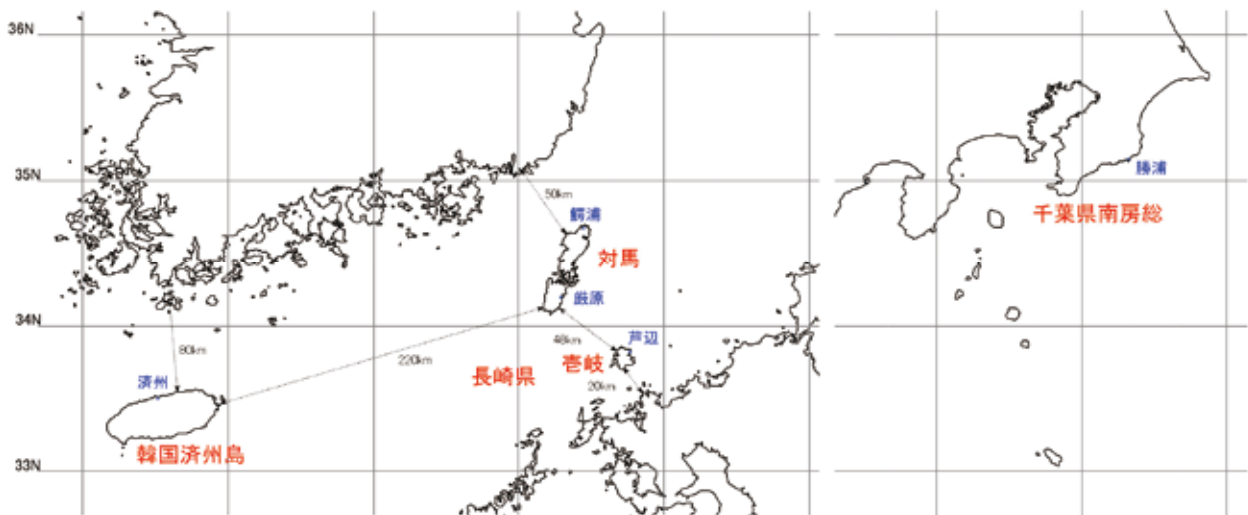


図1 対馬・壹岐・済州島・千葉南房総の位置関係

東シナ海周辺と千葉を含む地域とを緯度情報をそろえて表示した。それぞれの島間のおおよその距離も示しておいた。済州島と千葉では緯度で2度（1度の距離はおおよそ111km）の差がある。厳原・鰐浦・芦辺・济州・勝浦（青字）の地名は本論で使用する観測点である。

はこれを対馬北島と南島と表記する。

国土地理院発表の面積比較では、対馬は708.65km<sup>2</sup>で、これは千葉県 の 5,157.64km<sup>2</sup>の1/7に相当する<sup>[10]</sup>。壱岐は139.42km<sup>2</sup>で対馬の1/5程度になっている。済州島は1,848.4 km<sup>2</sup>で対馬の2.5倍に相当する。領域面積の大きさは、隣接する海から受ける影響の強弱の程度を示す隔海度や、外部環境から独立したローカルな現象の起きやすさとその継続時間スケールに関係する。

最高点については対馬南島の矢立山648mで、対馬北島は御岳（雄岳）479mである。対馬南島は400m程度の山地が、対馬北島は500～600m級の山並みがつながり、標高は北部に比べて南部のほうが150m程度高くなっている（図2、図3）。標高の高さは気温低減効果（0.6℃/100m）の大きさや雲霧の発生に影響を与えるが、現植生では、南島より北島の方により冷涼な落葉樹が分布す

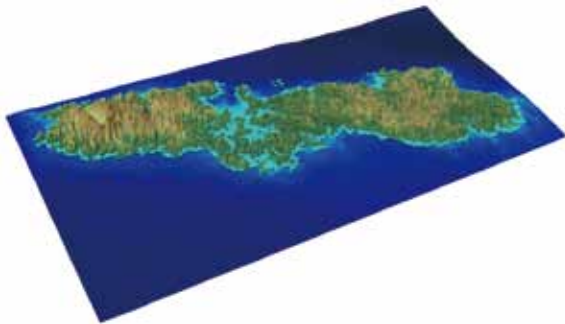


図2 対馬の3D数値標高地図

対馬の北島（右側）と南島（左側）の地形・標高を3D表示した。色の濃淡から南島の標高が高いことがわかる。周辺海域の表現がモザイク状になっているのは、DEMの解像度が地上の10mと比べて海上500mと低いためである。

る環境が保存されている。壱岐の最高点は丘ノ辻213mで、千葉の最高点である愛宕山408mよりさらに低い。一方、韓国済州島はハルラ山（漢拏山）1,950mが最高標高であり、他の地域との違いが顕著である。このハルラ山を中心に、すそ野はゆるやかな傾斜面を成している。図3で示されているハルラ山山腹の起伏は多数存在する寄生火山を反映している。さらに図から千葉南部および対馬北部に細かく上下する起伏構造が見てとれる。こうした特徴には隔海度を大きくする効果があると考えられる。

続いて、地質的な特徴についてであるが、島々の生成過程には独自性・多様性があるが、堆積層を基岩とした島であっても、形成過程では火山・火成岩の影響を少なからず受けている。対馬の基岩部は、新生代の古第三紀（およそ3,000万年前）の海底で形成された「対州層群」とよばれる泥質の堆積層で構成されている。これに部分的に火成岩（かこう岩・石英斑岩・玄武岩）が貫入した構造になっている。対馬の分水嶺となる山地は島の東寄りに位置し、その西側に大きな川が集中し農地となる平野部が広がる。島の中央部は発達したリアス式海岸・溺れ谷の様相を持つ、起伏に富み、多くの谷が刻まれている。壱岐は勝本層とよばれる2,500万年前の砂岩と泥岩の互層の上にできあがっている。その上に火山活動でできた安山岩や流紋岩・玄武岩が広くおった低くおだらかに広がった台地地形で成り立っている<sup>[11]</sup>。韓国済州島は島の中心部にハルラ山を有し、この火山が島の形成に大

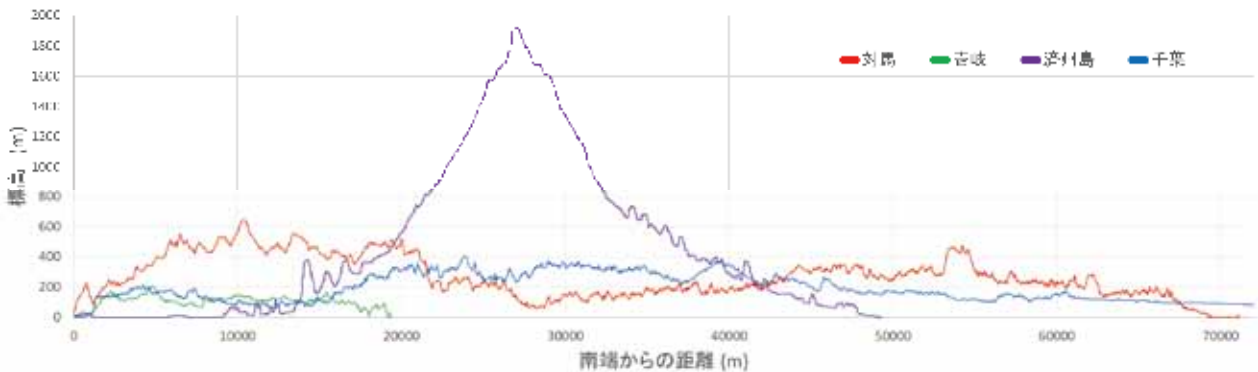


図3 対象地域の南北方向地形外形図

東西方向から対象地域を見たときの最高標高の輪郭を示したもの。縦軸は標高を表し、横軸は各地域の南端をそろえて並べ、そこから距離である。スケールは高さ方向が強調されたものになっている。済州島の標高が他と比べ突出している。データの作成は済州島のみ90m解像度のDEMを使用し、他は10m解像度のDEMから切り出した。

大きく関わっている。済州島は120万年前に起きた基底玄武岩の噴出により溶岩台地が形成され、その後70万年前以降の本格的な火山活動により形成されたとされる<sup>[2]</sup>。一方、千葉北部は第四紀、南部は第三紀始新世～前中新世以降の新しい地層でできており、現在にいたる隆起運動と浸食が続いた結果、深い谷が刻まれた<sup>[3]</sup>。地盤の形成は、保水や浸透性などの水環境に影響を与え、さらには土地の無機養分の多寡など環境の豊かさに関わっている。ここで無機養分とは玄武岩質や安山岩質の火山性噴出物が供給源となる塩基類のことを指す<sup>[6]</sup>。

さらに、対馬は面積の80%以上とそのほとんどが森林でおおわれた山地で占められる。また今でも原生林が残っているなど自然環境が保存されており、南島にはシイ・カシなどの自然度の高い照葉樹林が見られる。一方、北島では冬季の低温・強風などに関連すると思われるクスギやカシワなどの落葉広葉樹が分布する。特に北島はツシマヤマメコを始めとした希少動物の生息地としてその自然度の高さが注目されている。一方で、耕作地となりうる平地は限られ、古くから生活を海に求める文化が発達している。壱岐は溶岩台地の特徴たる平坦な地形からなり、また三島の中では最も小さいがゆえ、地形の複雑さの度合いや隔海度も小さく海洋の影響を大きく受けている。韓国済州島は、アジアの湿潤な気候の影響を受けながらも、島中央に位置する高標高の山体がもたらす気温遁減を受け、亜熱帯、温帯、寒帯の垂直分布気候を持つ。しかし、一方で大部分が火山放出物に由来する土

壤に覆われ、特に標高が低い平地の水持ちは悪く、農耕に必要な水環境は劣悪である。周辺地域は過去（最終氷期最盛期）に水面が120m程度低下し、周囲の水深が浅い地域から陸地化して、より内陸性の気候が実現したものと考えられている<sup>[4]</sup>。

気象観測上のデータについて、気象庁が公開する気象観測点のなかから、対馬南島は厳原、対馬北島は鰐浦、壱岐は芦辺、千葉は勝浦を研究代表地として選定する（図1）。ほかの観測点と比べて長期の観測データが整っていることが選択理由である。対馬鰐浦は1996～2010年の15年間、その他は1981～2010年の30年間のデータを用いて統計処理する。済州島については海外の文献などからのデータ入手も可能だが、データの出所をそろえる目的から、同じく気象庁で公開されている済州市の平年値データを用いた<sup>[5]</sup>。

気候の類似性については、平均化した気候値で比較するとよく理解できる。年間の平均値で見ると、気温は15～16℃程度の値とほぼ同じである（図4、表1）。さらに、年間を通じて気温変化の傾向や、最暖月と最寒月の平均気温の差である年較差も19～21℃の範囲となり似通っている。1年を通じて月の平均最低気温は5℃を超え、植物の生育に関係する暖かさの指数（温量指数）を求めると、これも128℃・月程度の値になる<sup>[6]</sup>。緯度に差があると日射エネルギー量にも差が生じるので、通常は気温差が発生する。壱岐・対馬（南島・北島）の緯度が異なっているにもかかわらず平均的な気温のふるまいが似通っ

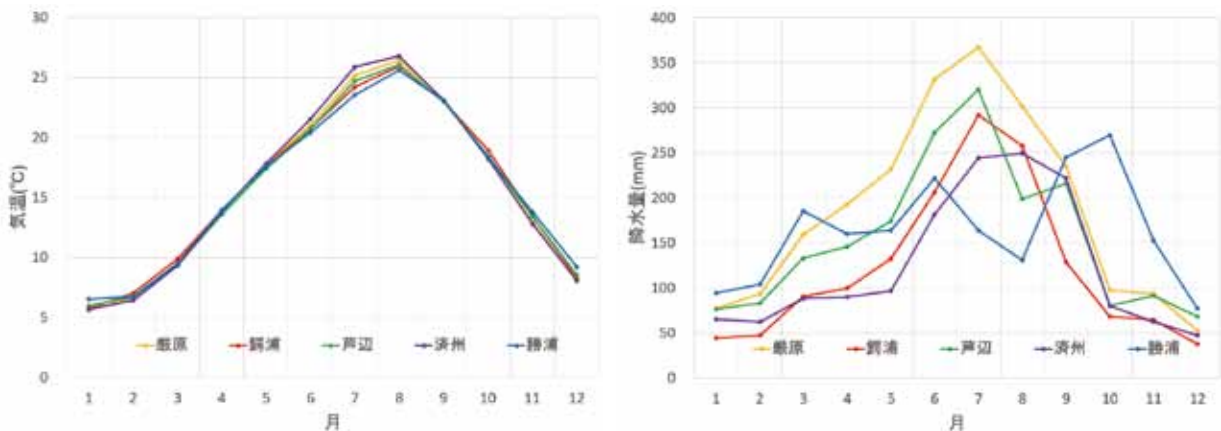


図4 観測点ごとの気温および降水量比較

月平均気温（℃）と月総降水量（mm）を比較したグラフ。気温傾向（平均気温や年較差）は年間を通じて似通っている。降水量には観測点の立地の影響から数値にばらつきが見られる。

表1 各観測点の気候値

	平均気温 (°C)	気温年較差 (°C)	最高気温平均 (°C)	最低気温平均 (°C)
鰐浦	15.7	20.2	32.2	-4.5
巖原	15.7	20.2	33.2	-3.5
芦辺	15.7	20.1	32.3	-2.6
勝浦	15.7	19.1	32.0	-2.2
済州	15.8	21.1	-	-

てくる要因は、対馬暖流など海流の影響にあると考えられる。いずれの観測点も年間降水量は1,400mmを超えており湿潤である。降水量の月別パターンには地域差があるが、これは水蒸気の供給量などの雨を降らす要因に違いがあるためと考えられる。

### 3. 斜面勾配分布と全天日射量の計算

それぞれの地域特性の違いや類似性を理解するためにGISを用いて地形分析を行う。モザイク状に組み合わせられた植生分布を十分に表現し理解するためには、対象の大きさよりも空間分解能を高くすることが必要である。気候面でも数10m程度の微気候の影響を考慮する表現方法が必要である。千葉南部の分析において判明した結果との比較のため、先の論文の手順に従い、数値モデルと分析ツールは既存のものを活用する<sup>2)</sup>。空間的な数値標高データは日本国内については国土地理院が公開してい

る解像度10mのDEMデータを使用した<sup>16)</sup>。韓国済州島についてはNASAがスペースシャトルを用いて全球的に測定した解像度90mのSRTM-3 (3秒メッシュのShuttle Radar Topography Mission) を用いた<sup>17)</sup>。さらに水深データは日本海洋データセンターから入手した解像度500mの水深データJ-EGG500を用いてデータを合成している<sup>18)</sup>。分析システムにはオープンソースのGISであるGRASS GIS (Version 6.4.4) を使用した<sup>19)</sup>。

分析手順は対象地域それぞれから10km四方の領域を選定し統計処理ののち比較する。図5のA～Dはその領域の中心座標である。領域内データは一辺1,000セルになり総数1,000,000セルである。所有する済州島の基礎データは解像度が大きく異なるため正確な比較が困難であり、計算結果は本論から除外した。セル間の標高差から勾配を計算し、領域内の分布を求める。そのため、データの解像度より細かい地形は結果に表われない。まず、単純

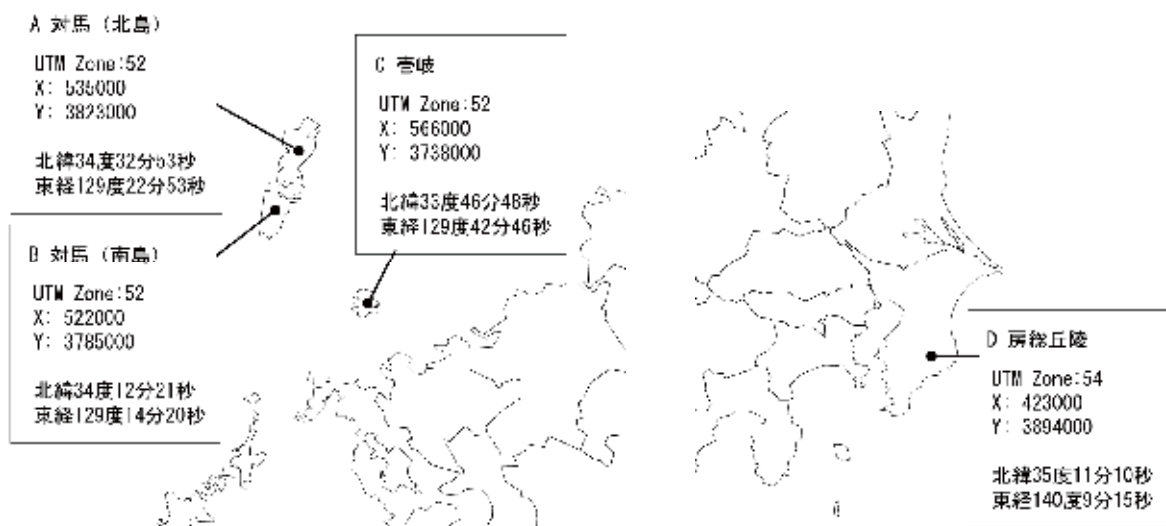


図5 傾斜角および日射量計算を行う座標

A～D各地域10km四方を切り出してGISを用いて傾斜角分布と全天日射量計算を行う。数値はその中心位置をUTM座標系および緯度経度で示したものの。DEM解像度10mを使用し総セル数は1,000,000個になる。済州島はDEM解像度が大きく異なるので今回の計算には含めない。

な地形比較として傾斜地の密度（全域に占める角度ごとのセル数分布）を求めた。その結果、対馬は急斜面が多く分布していることが示された（図6）。次に、植生は局所的な地形の複雑さからくる気候環境を成立要因とする効果が働くと考えられるため、その重要な要素である太陽日射量の検討が有効となる。そこで、年間の全天日射量変化を計算し、環境の多様性を生み出している微気候について推定する。この計算はGRASS GISパッケージの r.sun を用い、直達光・散乱光・反射光を求める上での係数・パラメータ設定を先の論文に合わせて、アルベド値30%、大気混濁係数3.0とした<sup>[2, 20]</sup>。計算結果はA～D

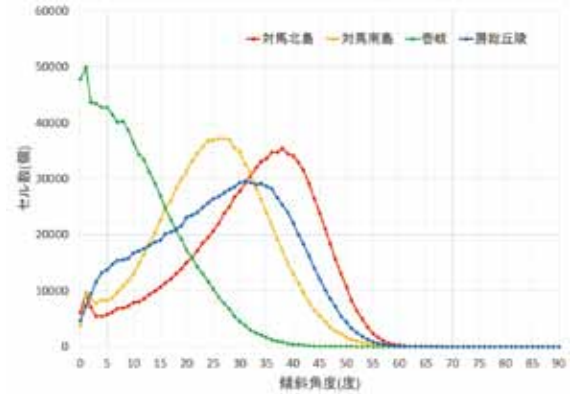


図6 斜面勾配分布  
調査地A～Dそれぞれの領域内の勾配分布を比較した。対馬北島が最も傾斜角が大きく険しい地形である。逆に壱岐は傾斜角0に集中し、なだらかな地形であることがわかる。

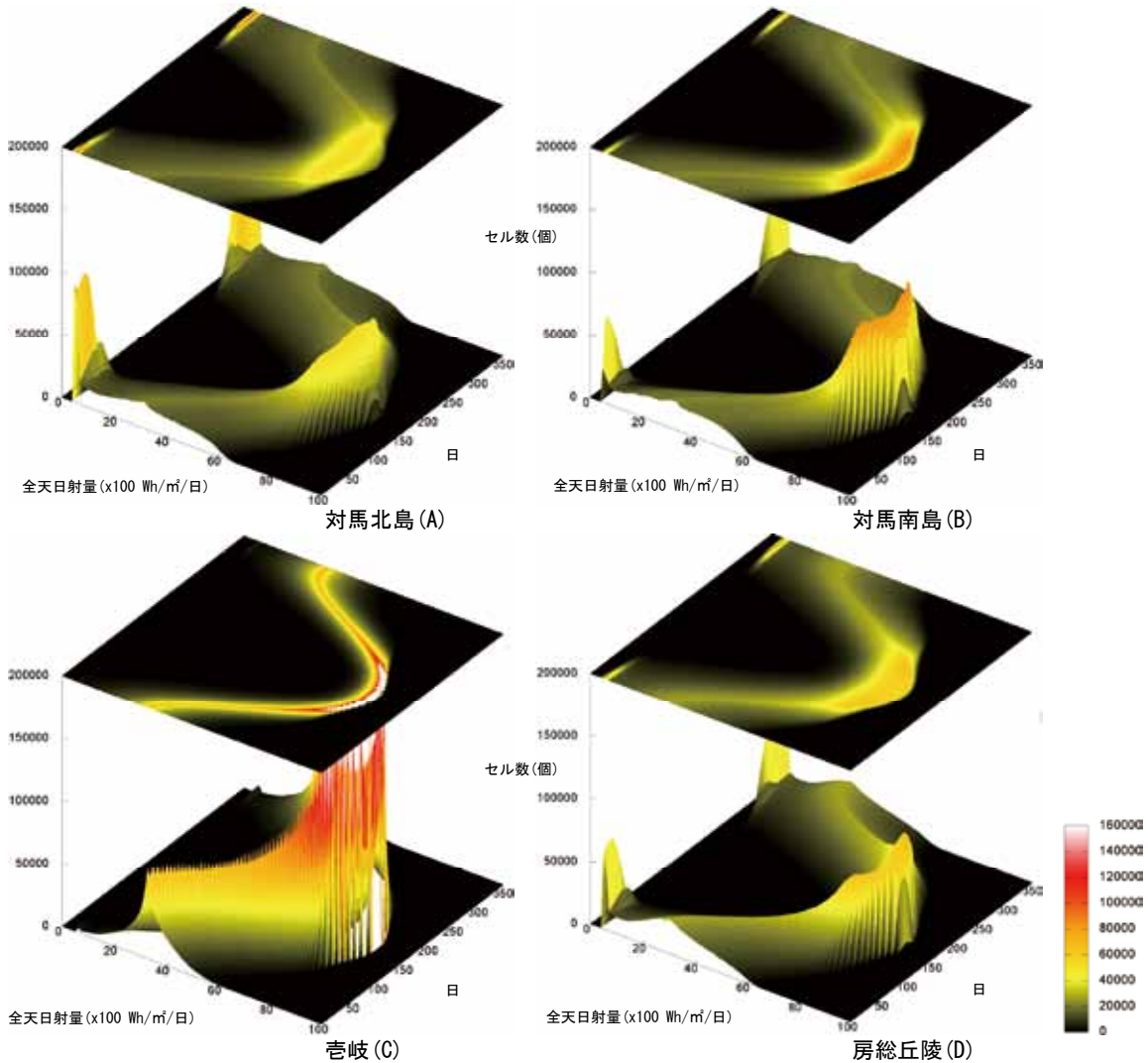


図7 年間日射量分布の比較

年間（1～365）を通じて1日当たりの総日射量（Wh/m<sup>2</sup>）を計算した結果を3D表示した。高さ方向はそれぞれのエネルギー量に相当する領域のセル数（個）である。地形的な影響からピークの高さや、冬期の日射量値が0周辺のピークに違いが見られる。房総南部と対馬北部はピークが低く分布幅が広がっているという類似点が見られる。一方で壱岐は分布が集中しピークの高さが際立つ。

の地域ごとに年初からの日数（元旦1～大晦日365）で求め、それぞれのエネルギー量に一致するセル数を高さ方向（z軸）として表現した（図7）。図からは年間を通してゆるやかに変化し、夏期に全天日射量の値が大きい領域のセル数が増加し、冬季はエネルギー量が小さい領域に移行することが示されている。また夏期は太陽高度が高くなるため地形によるシャドワーイング効果が減り、エネルギー分布の幅は冬季に比べて狭くなる。ピークの高さはエネルギー分布の多様性と関係しており、図の色が橙～赤の領域ほど、エネルギーが特定値に集中し多様性が小さいことを示している。

## 4. 計算結果の考察

### 4.1 斜面勾配分布および全天日射量について

傾斜角度の分布と全天日射量の計算結果から、各々の地域の違いが明らかになる。特に傾斜角度のピークが40度に近い対馬北島の地形の険しさが際立っている。対馬の地形の複雑さについては図2および図3の数値地図からも見ることができたが、これが全天日射量計算の結果にも反映されている。対馬の北島と南島の比較において、標高が高い地域が南島側にあるにもかかわらず、地形や環境の複雑さではこれが逆転し北島に環境の多様性が高くなっていった。標高に対する直観と矛盾する現象に対する答えの一つとして、この日射エネルギーの多様性が挙げられる。こうした現象は、千葉南部地域での植生

を論じた議論と同質であり、地形構造が複雑な気候環境を作り出す原因の1つになっている可能性がある。加えて、より直接的な光環境の勾配も、感受性の高さが異なる遺存種を支えていると考えられる。一方で、壱岐は低標高で平地性が高いことを反映して、日射量分布は単純なピーク構造を持っている。これはエネルギー的に見ると、気候の多様性が限られることを示している。

分析に用いるDEMの解像度が斜面勾配におよぼす影響について、DEM解像度が不十分で粗くなることにより、角度が急な規模の小さい斜面が別の角度にまとめられてしまう危険性がある。これについては分析地の特性にもよるが、平均的な尾根-谷の周期や斜面単位の表現として解像度25mが一つの基準になると考えられている<sup>24</sup>。しかし崩壊地を含む周辺の地形分析にはより精細な解像度が必要とされる。対馬北島の地形の険しさから、分析に用いた10m解像度のデータは実用的なレベルの精度ではあるものの、分析の対象となるローカルな地形構造を十分抽出できていない可能性が危惧され、より高解像の数値情報を用いた検証が必要と考える。

### 4.2 全天日射量の実測値との比較

全天日射量は気候を決める重要な要素であるが、ここではさまざまな仮定のもとで計算から導き出している。そのため、計算結果の評価や検証に実測値が必要とされる。しかし気温や降水量などと比べると観測地点数が非

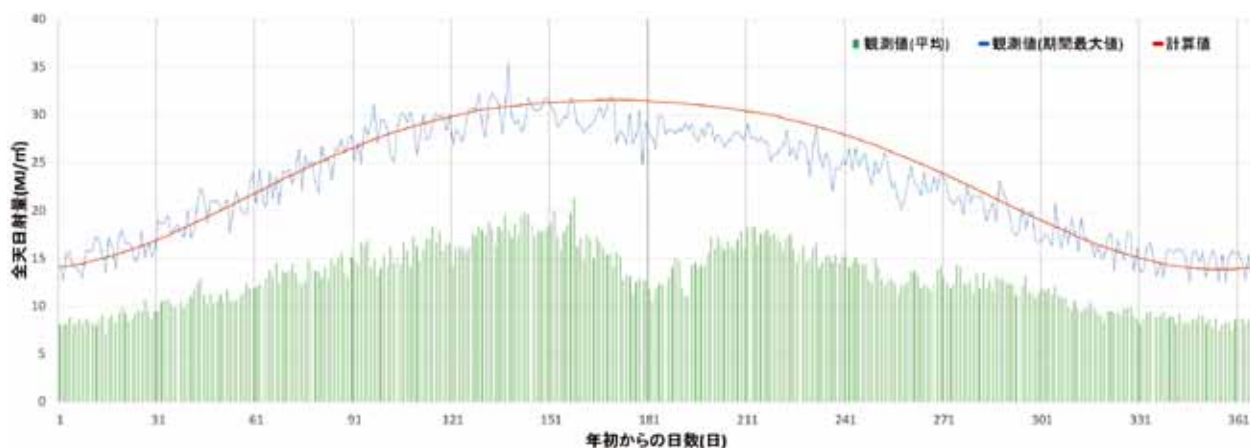


図8 全天日射量値の観測値と計算値比較

観測値平均（緑色・棒グラフ）、期間最大値（青色・折れ線）、計算値（赤色・なめらかな実線）を比較したグラフ。最大値と計算値はおおむね一致している。夏期の観測値低下は雲量増加と関係していると考えられる。

常に少ないのが現状である<sup>[23]</sup>。このことは日本だけのローカルな事案ではなく世界的に見られることである。再生可能エネルギーの導入に関する観点からその重要性が増しているにも関わらず、観測地点数は気温や降水量に比べて500分の1程度であるといわれている。実測値だけを用いて調査・研究を進めるのは困難で、そのために、日射量を推定するさまざまな方法が考案されている。例えば、日最高・最低気温の日較差を用いてエネルギー入射量たる日射量を推定する方法がある<sup>[24]</sup>。

だが幸運なことに対馬巖原の観測点では、全天日射量が測定されており利用可能である。ここでは一部データの欠損を含んではいるが、1961～2008年までの48年間の長期実測値データとGISを用いた計算値の比較を行った(図8)。公開されている巖原の観測所の所在位置(北緯34度11.8分, 東経129度17.5分)の中心点は海上になるため、数値計算ではその近くでの座標(UTM52, X=526873, Y=3784001)における全天日射量を計算した<sup>[24]</sup>。また、実測値ではうるう年のデータの扱いが発生するが、1月1日からの日数として計算値とそろえて処理した。観測値のエネルギー量はMJ/m<sup>2</sup>で示されているので、計算結果のエネルギー量Wh/m<sup>2</sup>を単位変換( $\times 3.600J$ )し統一した。あわせて図には統計期間中の日別全天日射量最大値も求めて比較している。これは統計期間内で最も曇量が少なく快晴もしくはそれに準じる天候時のエネルギー量に相当すると考えることができる。この全天日射量最大値と計算値比較すると、おおむね一致していることがわかる。また全天日射量平均値との差は50%～60%程度(平均56%)であり、実際の地表に届くエネルギー量を見積もることが期待できる。この誤差の大きな要因は、雨天・曇天の影響であると考えられる。夏至付近6月～7月に観測平均値の大きな減少が認められるが、日照時間のデータからも同様の傾向が見られ、時期的に梅雨の影響が出ているものと考えられる。

巖原の観測点周辺の地形的な特徴から、ここでの計算結果は緯度(太陽高度)から導き出される単純な曲線に近づいている。よって、この比較が一見意味が無いように判断されるかもしれないが、そうした理想的な条件下において本論が現象をうまく捉えていることを示している。複雑な地形周辺に立地した計算についても同様な結

果が期待でき、ここでの計算結果はローカルな現象を説明できていると思われる。

#### 4.3 本州南岸線(ハマオモト線)との関係

年間や月間の平均的な気候値では似通った数値が示されても、最高気温・最低気温の日較差の傾向も同じであるとは限らない。統計の意味を考えれば当然のことである。平均値から求まる暖かさの指数がほぼ同じ値を持つ領域ではあるが、寒い時期の最低気温、暑い時期の最高気温値が生物に与える影響が大きいと考えられる。そこで年間の最低気温を考えると、それぞれの地域の細かい違いが見えてくる。特に年最低気温平均値をデータから集計すると、鰐浦-4.5℃、巖原-3.5℃、芦辺-2.6℃、勝浦-2.2℃となった(表1)。ここで必要なデータが入手できなかった部分は空欄とした。氷点を下回る冬季の気温低下の影響で、低温への耐性(耐凍性)が低い種は冬を越せないなど、生物の反応が異なるため植生に違いがみられるようになる。そうした領域では夏期においても、低温域が発生しやすいと考えられ、分布できる種の多様性が増すことになる。

今回選定した地域は「本州南岸線(またはハマオモト線)」と呼ばれているハマオモト(*Crinum asiaticum*)の分布の北限域を結んだ分布境界線周辺に存在する<sup>[25]</sup>。ハマオモトは冬の寒さに弱く、その自生地は年間平均気温が15℃、最低気温の平均が-3.5℃以上の気温が必要とされる。その条件で結ぶと東は本州南岸を横断し千葉県南部地域とつながる。今回の調査地はこのハマオモト線の西端に位置し、巖原はハマオモト線上にあることになる。

#### 4.4 日射量以外の環境要因について

分析結果から多様性の原因が示されたとはいえ、これから直ちに植生の多様性を結論付けるのはいささか性急である。対馬北島の植生の多様性を説明するものに、モミの存在が挙げられるが、分布は御岳山頂周辺など限定的である。なぜなら対馬の森林の多くは二次林であり、気候条件が反映された定常的な植生にないためである。環境省により公開されている植生調査のデータからは対馬の多くの地域が「スギ・ヒノキ・サワラ植林」、常緑



広葉樹の「シイ・カシ二次林」、落葉広葉樹「ノグルミーコナラ群集」と分類される領域が広がっていることが見てとれる<sup>26)</sup>。こうした二次林における植生分布については、短期的には人為的要因や土壌要因の影響が大きく、日射量などの自然要因よりも効果が卓越する。他にも、斜面における環境要因としては水条件の重要性の指摘もある<sup>27)</sup>。だが、長期的に見れば、地形の複雑な傾斜地を中心に地滑りなどの斜面崩壊が発生し、植生の更新が起き、結果として気候に応じた安定な植生が実現していくと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では千葉県南部と気候が類似する地域の比較から始めて、対馬北島と南島における標高差に起因する気候環境に関する現象について説明を試みた。地形データを基にGISを用いた日射量分析を行い、対馬など研究対象地域の気候環境の多様性を分析した。地形の多様性が、基礎的なエネルギーである全天日射量の多様性をもたらし、微小な地域差を発生させ、その結果として植物種の光環境への感受性の違いも相まって、植生の多様性が実現しうることを検討した。一方で、日射量分析は気候環境の一部を説明するものであるが、これだけでは環境復元は不十分であり、定量的な議論を行うにはさらなる研究が必要である。

この研究はまだ分析研究の途中報告という位置付けが強く、対馬・壱岐・済州島の三島のうちで対馬の自然の多様性に着目した分析が主たるものになっている。今後の課題として、今回の日射量分析を始めとする数値計算を韓国済州島などにも適用することを試みたい。そこではより高解像度の海外データ入手が課題である。さらに、対象地域が海とのつながりが強く生活基盤の一部になっており、また経済活動は海岸周辺の限られた平野部に集中する傾向があることから、海岸線の分析や地形の特徴分析を検討したい。研究の最終的なゴールは、関係する地域や島々の風土、農法、食生活などの特性を理解し、その自然環境の価値を再構築することである。そこからそれぞれの伝統的社會における同質性と異質性を明らかにしたいと考えている。

## [謝辞]

最後に、本研究は平成28年度千葉経済大学学内共同研究助成費「韓国済州島・対馬・壱岐の自然環境を基盤とした農業経済に関する比較研究（研究代表者 三浦洋子）」の支援を受けて実現したものです。研究費を活用し現地調査の実施や比較に必要なデータを充実させることができました。共同研究を進める上で協力いただいた皆様に感謝いたします。

## [要旨]

本論文は数値データを用いて植生分布の地形的な背景を論じた報告をもとに、対馬および周辺地域の地形環境をGRASS GISを用いて分析し、特に対馬が持つ自然の複雑さを数値的に説明することを目的とした。地形の多様性と気候の多様化について、斜面勾配の分布と全天日射量を算出し検証した。また日射量分析の観測値と比較し、計算結果の妥当性についても確認した。加えて現植生との比較から、本分析方法の問題について論じた。

## 参考文献

- [1] 江上邦博・内山隆. 国土数値情報を用いた中間温帯林域における植生史研究, 千葉経済大学短期大学部 研究紀要 1, 35-53 (2005).
- [2] 江上邦博・内山隆, 房総南部丘陵地域における植生変遷の地理的背景, 千葉経済大学短期大学部 研究紀要11, 25-34 (2015).
- [3] 内山隆・江上邦博, 房総丘陵における植生変遷に関する花粉分析学的研究, 千葉経済大学短期大学部 研究紀要 11, 35-50 (2015).
- [4] 江上邦博, 内山隆, 三浦洋子, GISを用いた対馬および周辺地域の地形分析, 対馬学フォーラム (2016年12月11日)
- [5] 内山隆, 江上邦博, 三浦洋子, 照葉樹林域西端に位置する対馬の森林変遷, 対馬学フォーラム (2016年12月11日)
- [6] 内山隆, 韓国南部および北部九州地域の植生史, 千葉

- 経済論叢, 第57号 59-74 (2017.12)。
- [7] Richard G. Pearson, Terence P. Dawson: Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?, *Global Ecology & Biogeography*, 12, 361-371 (2003).
- [8] Robert J. Hijmans, Catherine H. Graham: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions, *Global Change Biology*, 12, 2272-2281 (2006).
- [9] 沼田真・岩瀬徹編, 図説日本の植生 - 垂直分布の寸づまり現象, 朝倉書店, 8-9 (1975).
- [10] 国土交通省 国土地理院, 平成28年度全国都道府県市区町村別面積調 (平成28年面積), <http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO201610-index.html>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [11] 長崎県地質学会編, 長崎県の地学 日曜巡検ガイドブック, (1971).
- [12] 済州島民俗自然史博物館, <http://museum.jeju.go.kr/>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [13] 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦編, 日本の地形4 関東・伊豆小笠原, 東京大学出版会, (2004).
- [14] 斎藤文紀, 東シナ海大陸棚における最終氷期の海水準, 第四紀研究, 37 (3), 235-242 (1998).
- [15] 国土交通省 気象庁, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [16] 国土地理院, 基盤地図情報・「数値標高モデル」10mメッシュデータ, <http://www.gsi.go.jp/kiban/>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [17] NASA, Shuttle Rader Topography Mission, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [18] 日本海洋データセンター, J-EGG500 (JODC-Expert Grid data for Geography -500m), [http://www.jodc.go.jp/data\\_set/jodc/jegg\\_intro\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/data_set/jodc/jegg_intro_j.html), (アクセス日時2017年11月20日).
- [19] GRASS GIS - Bringing advanced geospatial technologies to the world., <http://grass.osgeo.org/>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [20] r.sun - Solar irradiance and irradiation model, <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.sun.html>, (アクセス日時2017年11月20日).
- [21] 田中靖, 大森博雄, 山地の地形測定のためのDEMの解像度に関する一検討, 写真測量とリモートセンシング, VOL.44, NO.1, 26-35 (2005).
- [22] 間宮嘉久他, 新しい日射放射観測の開始について, 測候時報, 79, 1-2 (2012).
- [23] 篠原慶規, 小松光, 大槻恭一, 日最高, 最低気温から全天日射量を推定する方法, 水文・水資源学会紙, Vol.20, No.5, pp.462-469.
- [24] 気象庁 地域気象観測所一覧, [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame\\_master.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf), (アクセス日時2017年11月20日).
- [25] 小清水卓二, ハマオモトの分布と分布機構, 生研時報, V.6, pp.1-4 (1953).
- [26] 環境省自然環境局 生物多様センタ, 自然環境保全基礎調査, [http://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg\\_kiso.html](http://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html), (アクセス日時2017年11月20日).
- [27] 石川光弘, 宮崎徹, 対馬における広葉樹二次林の樹種分布について, 日林九支研論集, No46, (1993).