

地球観測衛星画像や DEM を用いた神奈川の地形判読

Landform Analysis of Kanagawa using Remote Sensing and DEM

新井田秀一¹⁾

Shuichi NIIDA¹⁾

Abstract. Kanagawa Prefecture consists topographically of three distinct areas: the western mountainous region of the Tanzawa mountain and the Hakone volcano, the eastern part of the Tama Hills and Miura peninsula, and the central area of flat stream terraces and lowlands surrounding the Sagami, Sakai, Tsurumi, and Tama rivers. Based on remote sensing imagery and digital elevation models, landform of the prefecture was analyzed. Slope gradation map and altitude tint map reconfirm the volcanic topography with the trace of dislocation and the corrosion geographic features. The immediate topographic deciphering of the large area enables to clarify the concealed underground structure.

Key words: topographic classification map, altitude tint map, slope gradation map, river map, river cross section figure, annual precipitation map

1. はじめに

神奈川は、東に太平洋プレート、南に箱根火山や伊豆半島の載るフィリピン海プレート、北西には本州の載るユーラシアプレートや北米プレートがあり、プレートの動きによる変動を強く受けていると考えられている。

地表面の地形としては、西に富士山、西北は関東山地に連なり、北東には多摩丘陵を越え、関東平野中心部に至る。東は東京湾、南は相模湾があり、東京湾海底谷や相模トラフなどが深海につながる。南西は伊豆半島につながり、その西には駿河湾がある。フィリピン海プレートの境界部は、相模湾の相模トラフから、箱根火山の北端を抜け、駿河湾の駿河トラフにつながっている。

この地域の地形を紹介するものとしては、昭和 39 年刊行の「神奈川県地理（日本地理集成第 IV 巻）」（鈴木、1964）の「第九章自然」に、地形概略から生い立ち、地質、地下資源、気象など詳しくまとめられている。昭和 53 年には「神奈川県史 各論編 4 自然」（神奈川県、1978）がある。この中の「II 地質」（見上、1978）は、その後の研究成果を反映したものになっている。その後、「神奈川県植物誌 1988」に「神奈川県地形と地質」（松島・平田、1988）が出された。

従来、このような地形の研究は、航空写真や地形図の判読によって行われてきた。1990 年代に入り、数値標高

モデル（Digital Elevation Model：DEM）や地球観測衛星画像といった、コンピュータで地形を扱うことができるような手法が登場した（横山ほか、1999；隈元ほか、2002 など）。『関東地方（改訂版）（日本地方地質誌）』（猪郷ほか、1980）では、解説はないが口絵にて「関東地方の衛星写真（1973.10.16、4 バンド）」を紹介している。その後「関東地方（日本の地質 3）」（日本の地質「関東地方」編集委員会編、1986）や「関東・伊豆小笠原（日本の地形 4）」（貝塚ほか、2000）、『関東地方（日本地方地質誌 3）』（日本地質学会編、2008）では、口絵などで DEM を用いた図を紹介している。また、これらでは、関東平野の一角を占める神奈川の地形が紹介されている。

地球観測衛星画像や DEM を用いた地形解析については、神奈川県立生命の星・地球博物館において、三浦半島（新井田・蛭子、2008）や箱根火山（新井田、2008）について行ってきた。その後、日本の構造線（新井田、2010）や神奈川・千葉周辺の南関東地域（新井田・笠間、2012）といった広域についても行ってきた。

ここでは、神奈川県とその周辺について、最新のデータを用いて作図、判読した結果を紹介する。

2. データと手法

地形を解析した範囲は、広域では東経 138 度 26 分 40 秒から 140 度 53 分、北緯 34 度 32 分 30 秒から 35 度 55 分で、これを本稿では南関東周辺と呼ぶ。狭域では、東経 138 度 54 分 30 秒から 139 度 49 分、北緯 35 度 07 分から 35 度 41 分で、神奈川周辺と呼ぶ。

¹⁾ 神奈川県立生命の星・地球博物館
〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 499
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan
niida@nh.kanagawa-museum.jp

解析に使用したデータは、地球観測衛星画像と DEM である。地球観測衛星は、Terra/ASTER VNIR による 2000 ～ 2010 年代に観測されたものを使用した。

DEM は、陸域と海域に分けて公開されている。陸域の DEM は、国土地理院が公開している基盤地図情報数値情報モデル (<https://www.gsi.go.jp/kiban/>) の 5 m メッシュを主に使用した。5 m メッシュには、航空測量と写真測量によるものが存在する。ここでは、航空測量によるものを中心に、欠測部分を写真測量によるもので補った。また、5 m メッシュにはデータが公開されていないエリアが存在するため、その部分は国土地理院の地形図を基に作成された 10 m メッシュにて補っている。なお、高度分布陰影図には基盤地図情報数値情報モデル 10 m メッシュ、河川断面図には国土地理院の数値地図 50 m メッシュ (標高) を使用した。

海域については、日本海洋情報センター (https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html) が公開している 500 m メッシュ水深データ (J-EGG500) をベースに、内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会が評価検討に使用した海底地形データ (G 空間情報センター: https://www.geospatial.jp/gp_front/ から公開) を組み合わせて使用した。この海底地形データは津波シミュレーションで使用する前提で作成されている。このシミュレーションは、メッシュサイズが異なる複数の領域を入れ子状に組み合わせて、外洋部は最も粗いメッシュとし、陸域に近づくほど細かいメッシュとなるようにして計算する。そのため、10 m、30 m、90 m、270 m、810 m、2,430 m の 6 種類が存在する。10 m メッシュは沿岸部を中心にしておりカバーするエリアが狭い。30 m メッシュは粗い分、カバーエリアが広がるので、沖合にむけてカバーエリアを拡大するようにメッシュサイズを拡大していき、270 m メッシュまでの 4 種類を使用した。

本稿では、地形検討のために、陸域と海域を統合した DEM を作成した。陸域は、基盤地図情報数値情報モデルの 5 m メッシュを用いた。海域は、J-EGG500 と内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会海底地形データを GMT の `nearneighbor` と `grdsample` コマンドを用いて、5 m メッシュのグリッドサイズに変換し、標準地域メッシュの 1 次メッシュ単位で切り分け、陸域 DEM と合成した。ここでは MixDEM と呼ぶ。

これ以下は、地形以外のデータについて記す。河川の座標など水系データは、国土地理院の 20 万分の 1 地勢図に示されている河川について、2 万 5 千分の 1 地形図から座標を読み取った。海岸線については、日本水路協会発行の海岸地形デジタルデータ M7000 シリーズに収録されている海岸線データを使用した。年間降水量については、国土数値情報の平年値メッシュデータに登録されている「年降水量」(<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02.html>) を使用した。これは、平成 24 年に更新されたもので、過去 30 年間の観測値から 1 km メッシュ (3 次メッシュ) で整備されたものである。

作図および解析は、Windows10 搭載パソコンに、Generic Mapping Tools Version 4.5.6 (GMT: <https://www.soest.hawaii.edu/gmt/>) をインストールして行った。地球観測衛星画像の処理には、EXPIA/S (富士通 FIP 製) を用いた。

3. 神奈川の位置

地球観測衛星による神奈川を含む南関東周辺の画像を図 1 に示す。神奈川県境を赤破線で示してある。ASTER VNIR は青色を計測していないので、バンド 1 (緑色) とバンド 3 (近赤外) からバンド間演算によって青色を補間した (資源・環境解析センター, 2003)。また、東経 140 度北緯 34 度 40 分より南東に関しては衛星画像データを収集していないため、空白としている。この図で表現している地上の色は、地面を覆っているものの光学的特性を反映している (資源・環境解析センター, 2001)。緑色は光合成色素に起因し、植物に覆われていることを表す。さらには明暗や濃淡の種類があるが、これは植物の違いを示している。山地にある濃い緑色はスギ・ヒノキなどの常緑樹であり、三浦半島南部にある黄緑色は作物が生育している耕作地である。このほか、青灰色は市街地、薄茶色は裸地もしくは作物の生育していない耕作地、白色は積雪である。濃紺色は主に水域であるが、伊豆大島中央部にあるのは三原山からの溶岩である。

東京低地などの平坦地は、開発が進み市街化されることで青灰色となり、傾斜地が緑地として残りやすい台地や丘陵とは判別しやすい。また、関東山地や丹沢山地などの山地では、緑色のかたまりとして判別でき、山体には谷筋が多く刻まれていることもわかる。

同じエリアについて、陸域と海域を合成した MixDEM から作成した 200 m 間隔の等高線図を図 2 に示す。図の西側は等高線が多く描かれることで標高が高いことが示され、場所によっては間隔も狭く起伏が大きいことがわかるが、東側は三浦半島や房総半島が高くても 200 m 程度であって、ほとんどがそれ以下であることがわかる。これらに対し、海底は等高線間隔も広い場所が多く、陸域ほど起伏が激しくないことが分かる。ただし、トラフのような谷は深く刻まれており、この図中の最深部は相模トラフでは 4,000 m を越えている。

このような起伏を確認するために、MixDEM による段彩陰影図を図 3 に示す。一般的な地図では立体感を出すために、北西方向に光源をあることを仮定した陰影を描く。地球観測衛星画像 (図 1) では、天然の光源である太陽が北東にあるため、立体感が逆転しやすい。図 3 では GMT の `grdgradient` コマンドで 315 度方向からの入射光による陰影を求め、標高 4,000 m から水深 5,000 m でのカラーバーによって高度を色分けしている。海底地形名については、海洋状況表示システム (海上保安庁, 2020) による。また、図内の赤点線は、神奈川県境を表す。

4. 神奈川ので形概要

MixDEM による神奈川の傾斜量図を図 4 に示す。傾斜量図とは、地表面の最大傾斜角度を図化したもの (神谷ほか, 1999) で、GMT の `grdgradient` コマンドで傾斜角度を算出した。傾斜の緩い場所を白く、急傾斜になるほど黒く表示している。この図は、地形・地質の判読に適している (神谷ほか, 2000)。箱根火山周辺についての判読結果を新井田 (2008) にて紹介している。

この図から、三浦半島、箱根火山、丹沢山地では黒みが濃いことから、急傾斜な地形が発達していることがわ

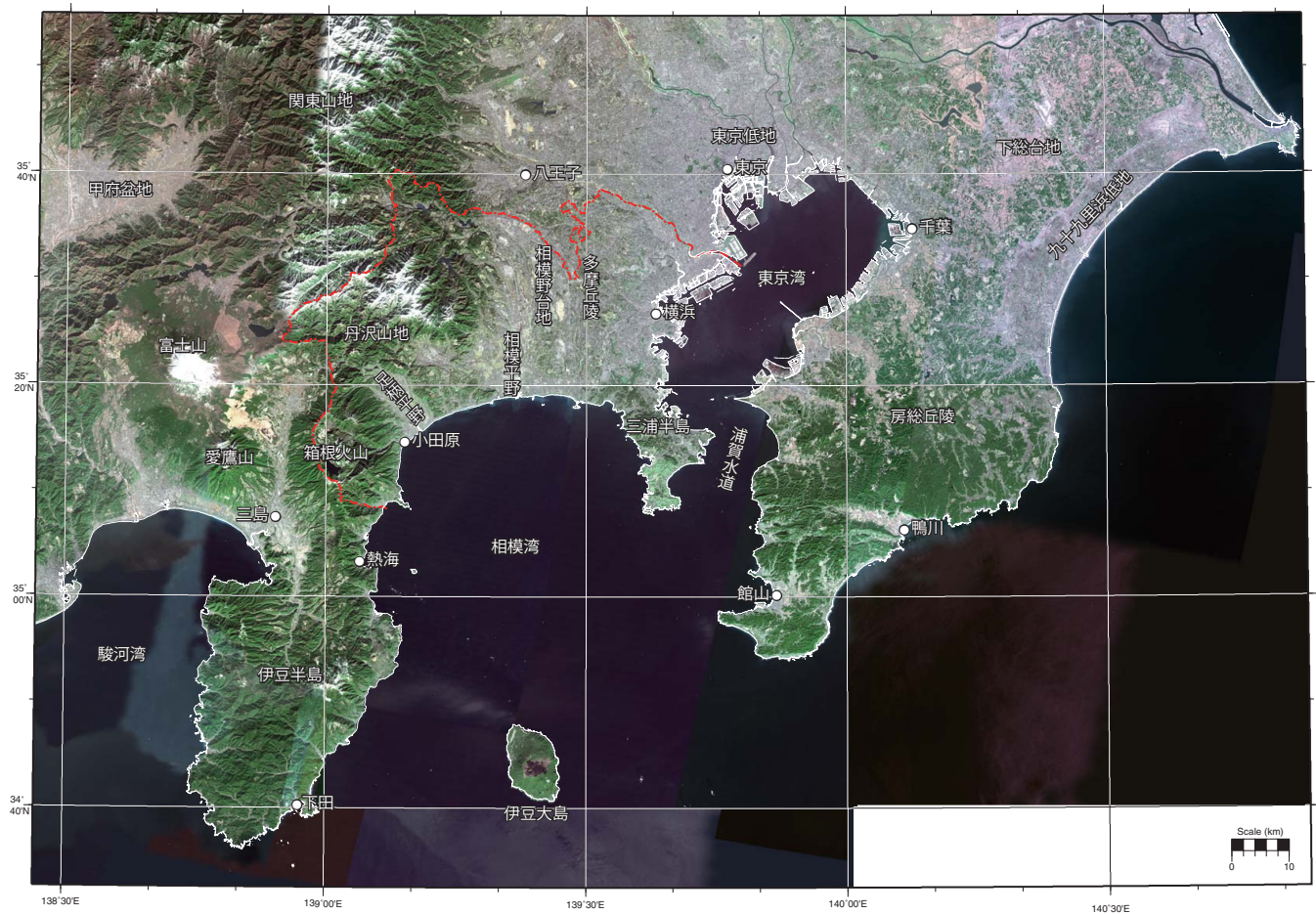


図 1. 南関東周辺の地球観測衛星画像地図. 地球観測衛星 Terra/ASTER VNIR 2000 から 2010 年代観測画像を合成. GMT により作図.

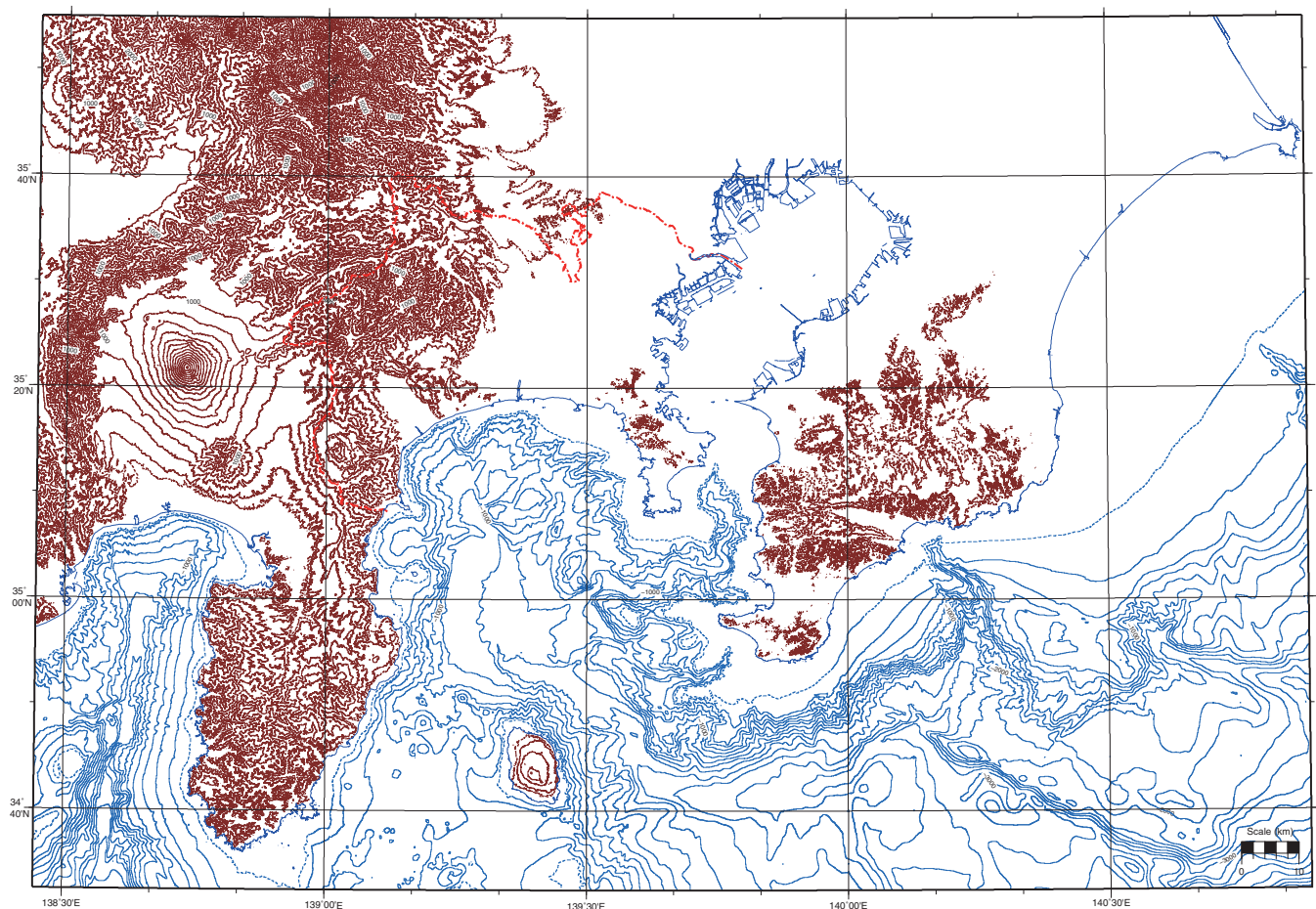


図 2. 南関東周辺の 200 m 間隔等高線図. MixDEM を使用し, GMT により作図.

宮田面は 50 m、三崎面は 30 m とある。中央地域の相模野台地では、相模原面 160 m ～、田名原面 100 m ～、陽原面 80 m ～とあり、相模平野は～ 30 m とある。西部地域の丹沢山地では、本体の山頂は 600 m 以上、前山では 400 ～ 500 m とあり、箱根火山は平均 1,000 m 程度の外輪山と 1,000 m を超える中央火口丘とある。図 5 では、これらを区分するために、0、10、30、50、100、200、600、1,000、2,000 m 毎に色を変えて表現した。

この図 4 と図 5 を基に、地形を区分した。鈴木(1964)は、神奈川を大きく 3 つの地域に分けている。多摩丘陵と三浦半島の丘陵地形からなる東部の丘陵地域と、丹沢山地と箱根火山による起伏の激しい山地が多い西部の山地地域と、相模川を中心に中央部に広がる平坦な段丘と低地からなる地域である。この 3 地域を、さらに 11 ブロック(小ブロックを含めると 20) に区分している。また、神奈川県環境管理課(1988)は、神奈川県アボイドマップに「神奈川県地形区分」を掲載しているが、分類基準を明記していない。また、秦野盆地を秦野台地としていたり、愛甲台地を愛甲・伊勢原台地と伊勢原丘陵の 2 つに分けていたりする。ここでは、鈴木(1964)を松島・平田(1988)が改正したものを参考にした。松島・平田(1988)では大きな区分は変わらないが、相模野台地と愛甲台地を分け、東部の三浦半島に小ブロックを 2 つ追加し、14 ブロック(22 小ブロック)としている。これを参考に修正したものが、図 6 である。

傾斜量図からは、傾斜の急変する地点を追跡することなどによって、線状の構造を推定することができる(神谷ほか, 2000)。活断層調査会(1991)などの既知の断層などを傾斜量図上に記したものが、線状構造図(図 7)である。

このほか、神奈川の周辺を流れる河川を図 8 に示す。この図は、5 m メッシュ DEM による傾斜量図に河川情報を重ねている。この中から県外に源頭を持つ多摩川、丹沢山地を流れる相模川(桂川)、富士山と丹沢山地に源頭を持つ酒匂川(鮎沢川)、多摩丘陵を流れる鶴見川と帷子川、三浦半島の平作川、大磯丘陵の中村川、箱根火山の早川について 50 m メッシュ DEM から作成した河川断面図を作成した。これを図 9 に示す。

4.1 小仏山地と丹沢山地

関東山地の一部である小仏山地と丹沢山地との境界は、藤野木-愛川構造線である(松田, 2000)。丹沢山地本体と中津山地との境界は、青野原-煤ヶ谷構造線(伊勢原断層)である(見上, 1978)。これらは傾斜量図(図 4)から明確な線状構造として判読できるため、図 7 に記す。

丹沢山地は東西に長いドーム状をしている(松田, 2000)。高度分布陰影図(図 5)では、600 m 以上で塗分けられているエリアである。傾斜量図(図 4)では、山体が全体的に急傾斜となっており、その中で谷筋が緩傾斜で白っぽく見える。大きな谷筋は北東-南西方向にあるが、これとクロスする南北方向の尾根や谷筋も多くみられる。これらの谷筋は、細かく刻まれた谷筋から水を集め、多くの河川が流れ出ているほか、小仏山地との境界近くでは相模川(桂川)のように富士山の方から流れてくるものもある。相模川は、上流の桂川を含めて約 117 km、神奈川県

内では 57 km である。桂川区間の平均傾斜は 0.80 度、相模川区間では 0.17 度である。河川断面図(図 9)では、支流の道志川と中津川の断面も紹介している。この 2 つの河川は、丹沢山地の中に源頭があるため、流路は短いが傾斜は急である(1.23 度と 0.68 度)。同じように酒匂川支流の四十八瀬川や、花水川上流の水無川も傾斜が急である。

4.2 箱根火山

箱根火山を特徴づけるカルデラは、傾斜量図(図 4)からしっかりと読み取ることができる。外輪山の外縁は、図 4 では白黒が明確に分かれるところになる。カルデラ内部には中央火口丘と芦ノ湖がある。中央火口丘では、駒ヶ岳の溶岩流や二子山などの溶岩ドームを読み取れる(新井田, 2008)。カルデラは東側に開口しており、その内部から早川と須雲川が流れ出ている。河川断面図(図 9)を見ると、早川は、カルデラ内の宮城野あたりまでは河川断面の傾斜が緩いが、これは傾斜量図にて白くあらわされる緩傾斜が広がるエリアを流れているためである。白いエリアが狭くなるあたりから下流は急になっている。須雲川は、カルデラと中央火口丘の谷間のみを流れているため、緩傾斜区間はない。

関本丘陵は箱根火山の北東にあり、外輪山の延長部分を狩川が切り取ってできた三角形をしている。

4.3 足柄山地と足柄平野

足柄山地は、丹沢山地の西南につながる山地で、箱根火山との境にある。丹沢山地とは神縄-国府津・松田断層帯によって区分され、酒匂川をはさみ、矢倉岳を越え狩川あたりまでとなる。町田(2000)では、足柄山地において細かい山ひだを DEM からの陰影図で解説しているが、傾斜量図(図 4)では、酒匂川以北では傾斜が緩く灰色に見え、以南では傾斜が急であるため黒い塊のように見えている。

足柄平野は、箱根火山と大磯丘陵に挟まれた、扇状地状の平野である。傾斜量図(図 4)では、東西が急傾斜で区切られたスコップ型に見える。ほぼ中央を流れる酒匂川は、河川断面図(図 9)をみると、相模川や多摩川の平野部よりも、こう配が急になっている。

4.4 大磯丘陵と秦野盆地

大磯丘陵と秦野盆地は、断層によって区分できる。傾斜量図(図 4)を見ると、西側は神縄・国府津-松田断層帯によって足柄平野と区別される。大磯丘陵と秦野盆地との間には、渋沢断層がある。東側は伊勢原断層などによって相模平野と分けられる。大磯丘陵は断層などのため少し黒めに縁取られたような形に見えるが、秦野盆地は緩傾斜のため白く見える。高度分布陰影図(図 5)からは、どちらも同じような色(標高 200 m 以下)となっている。

金目川・花水川の河川断面図(図 9)では、丹沢山地にある水無川や金目川の源頭部は急傾斜であるが、標高 200 m ぐらいからの盆地内からは傾斜が緩くなっている。また、大磯丘陵を流れる中村川では、源頭部は渋沢断層近くなので標高が高いので、少し傾斜がきつめになっている。

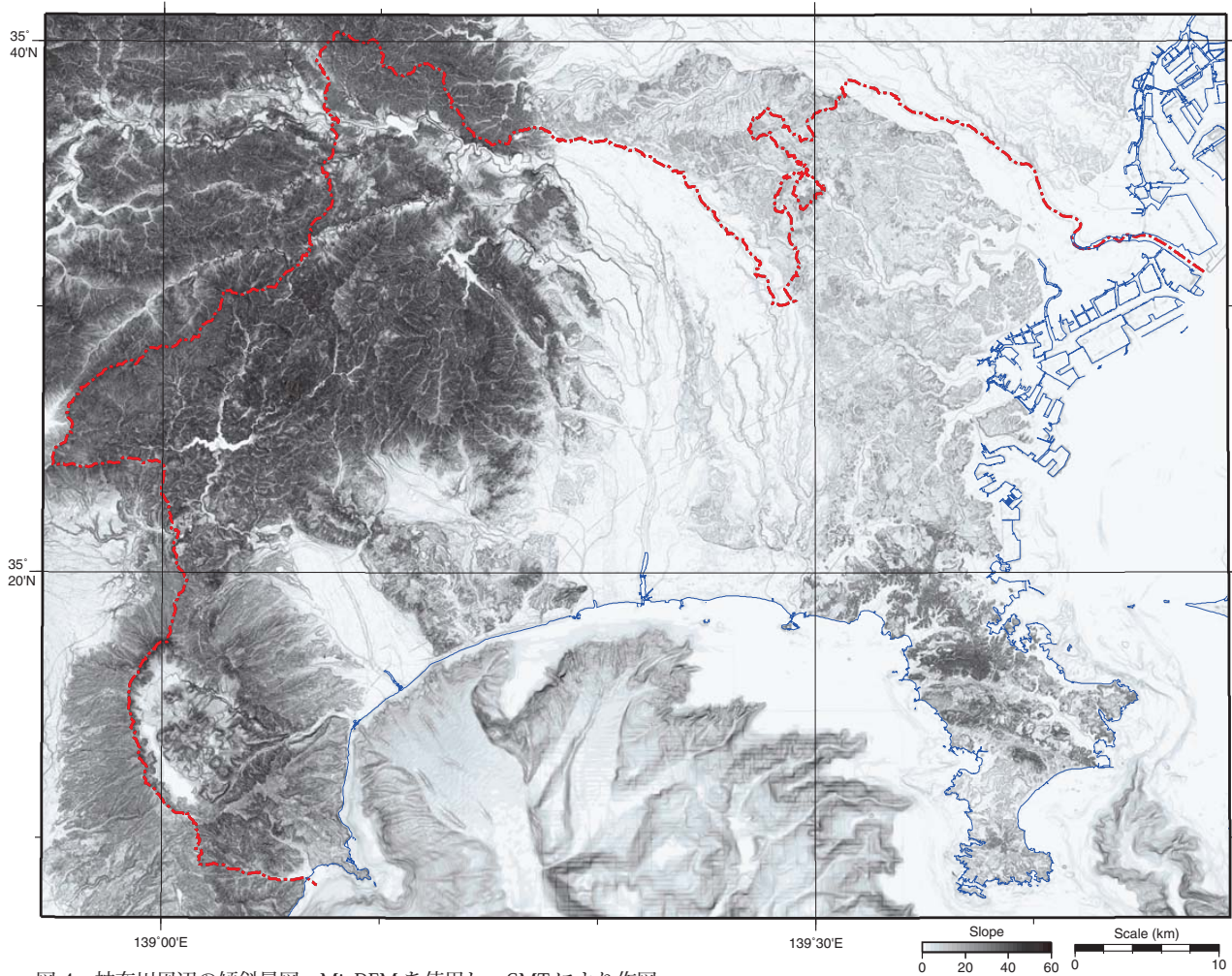


図 4. 神奈川周辺の傾斜量図. MixDEM を使用し, GMT により作図.

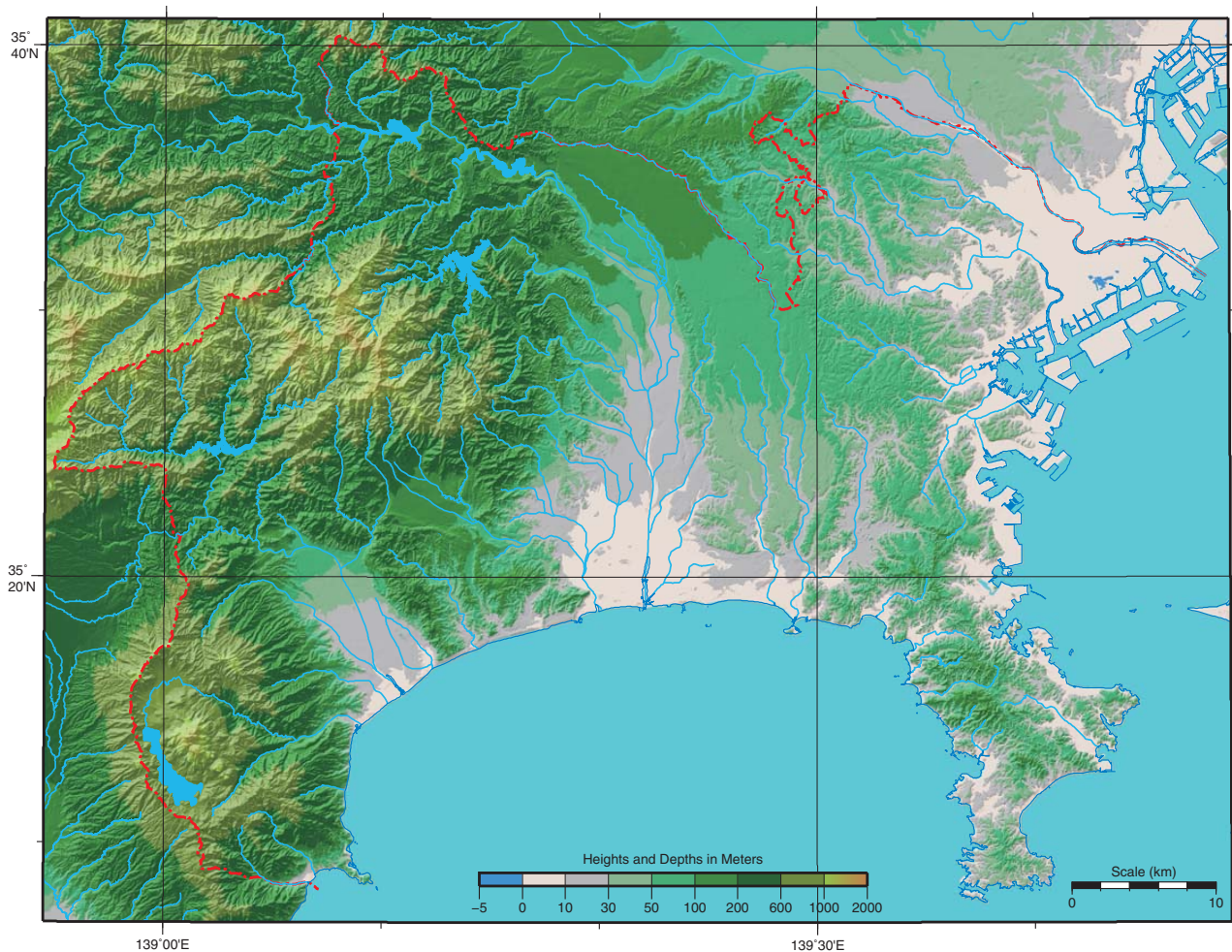


図 5. 神奈川周辺の高度分布陰影図. 基盤地図情報 10 m メッシュ DEM を使用し, 河川データを重ね, GMT により作図.

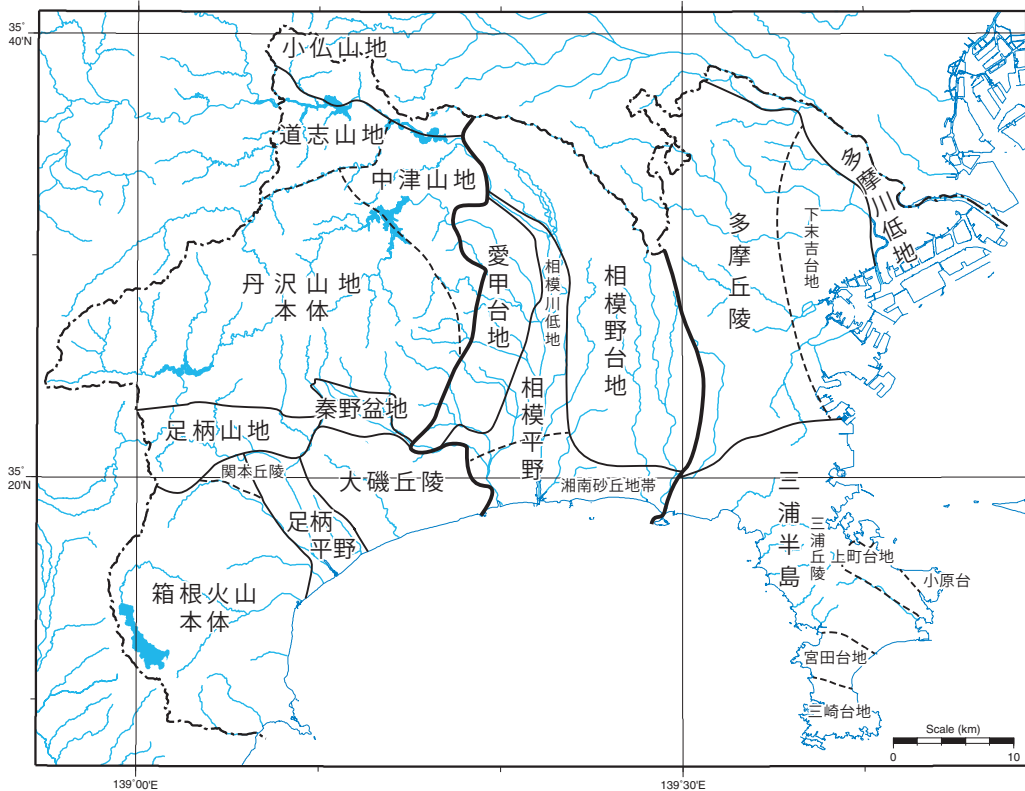


図 6. 相模川周辺の地形区分図。河川データを重ね、GMT により作図。

4.5 三浦半島

多摩丘陵と三浦半島の境は、片瀬から円海山（標高 153.3 m）の北麓を抜け富岡に続く 100 m 等高線に求められる（鈴木, 1964）。大きくは、北部にある武山（200.4 m）、大楠山（241.8 m）などを中心とする三浦丘陵と、南部の海成段丘群からなる台地に分かれる（太田, 2000）。このことは、傾斜量図（図 4）から明確に判読できる。高度分布陰影図（図 5）から、全体的に標高が低いことが分かる。三浦丘陵では、北西—南東方向に卓越した線状構造が何本も並行して存在することが傾斜量図（図 4）から判読できる。衛星画像からもこの傾向は読み取られている（新井田・蛭子, 2008）。線状構造図（図 7）でもいくつも断層を引いているが、これらは三浦半島断層群（地震調査研究推進本部, 2002）である。

三浦半島を流れる中では最長の河川である平作川は、河川断面図（図 9）では、傾斜もゆるく流路も短い。

4.6 多摩丘陵と下末吉台地、多摩川低地

傾斜量図（図 4）では、多摩丘陵は周囲の地形よりも灰色に浮き上がって見える。これは、谷が多く刻まれているためである。その谷からは多くの河川が流れ出ているがその流路はそれほど長くないものが多い。鶴見川や帷子川の河川断面図（図 9）を見ると、傾斜が緩やかなのが分かる。特に鶴見川は、丘陵内でも灰色が薄い（緩傾斜）エリアを流れている部分が多いため、緩やかなエリアが長い。

下末吉台地は、多摩丘陵の東側に広がる標高 40～60 m の台地である（貝塚, 2000）。都市化による地形改変が進み、自然地形をあまり残していないため、傾斜量図（図 4）から読み取ることは難しい。地形区分図（図 6）では標高 60 m 付近で区別している。

多摩川低地は多摩川沿いに広がる低地で、傾斜量図（図 4）では多摩丘陵とは色合いで明確に区別できる。多摩川

は関東山地笠取山（山梨県甲州市塩山、標高 1,953 m）に源頭を持ち、東京湾に注ぐため約 130 km と流路が長い。相模川県内では 32 km となっている。奥多摩湖より上流では平均傾斜 2.49 度であるが、奥多摩湖から県境までは 0.36 度、県境から河口までは 0.05 度と緩やかである（図 9）。

4.7 相模野台地と相模平野

相模川県の中央上部は、相模川が侵食することで相模原台地と愛甲台地に分かれているが、元は同じである。傾斜量図（図 4）では、少し黒めの縁取りのように河岸段丘の段丘崖がみえている。高度分布陰影図（図 5）では、段丘面の高度が塗分けられているので判別できる。

相模平野は、その二つの台地の間に始まる相模川低地と海岸線沿いの湘南砂丘地帯に分かれる。図 5 では標高 10 m 以下のエリアがほぼ湘南砂丘地帯となるが、古い砂丘列の高まりが、一部 10 m 以上となって残っている。

河川断面図（図 9）では、相模川の傾斜は津久井湖より下流では 0.12 度と緩やかになっている。台地の上端を流れる川は少なく、境川は比較的一定な傾斜で流れている。

4.8 海底地形

傾斜量図（図 4）からは、海域においてもいくつかの起伏を読み取ることができる。相模湾西部では、足柄平野から続く緩やかな傾斜が北東方向に相模湾へと続き、その西側には箱根火山からの斜面の延長部が海退による平坦面を挟みながら伸びている。相模湾東部では、海脚とよばれる高まりと海底谷が繰り返すように存在している。最北部として大磯丘陵の高麗山に連続するようにみえる大磯海脚があり、相模川の延長部に相当するような平塚海底谷を挟み、江ノ島海脚、片瀬海底谷、亀城海脚、三浦海底谷のように並んでいる。

東京湾口には、浦賀水道から三浦海岸に並行して東京

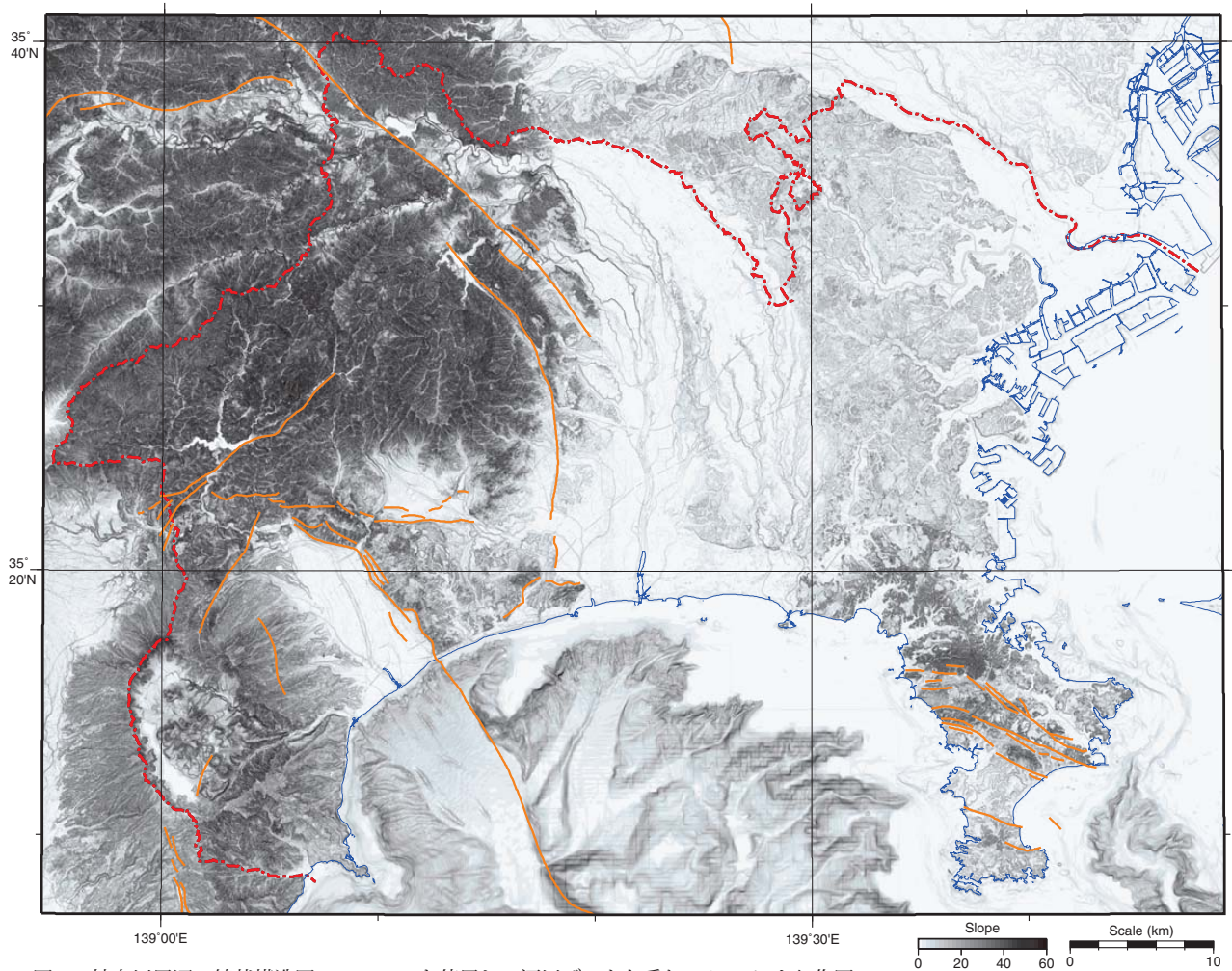


図 7. 神奈川周辺の線状構造図. MixDEM を使用し、河川データを重ね、GMT により作図.

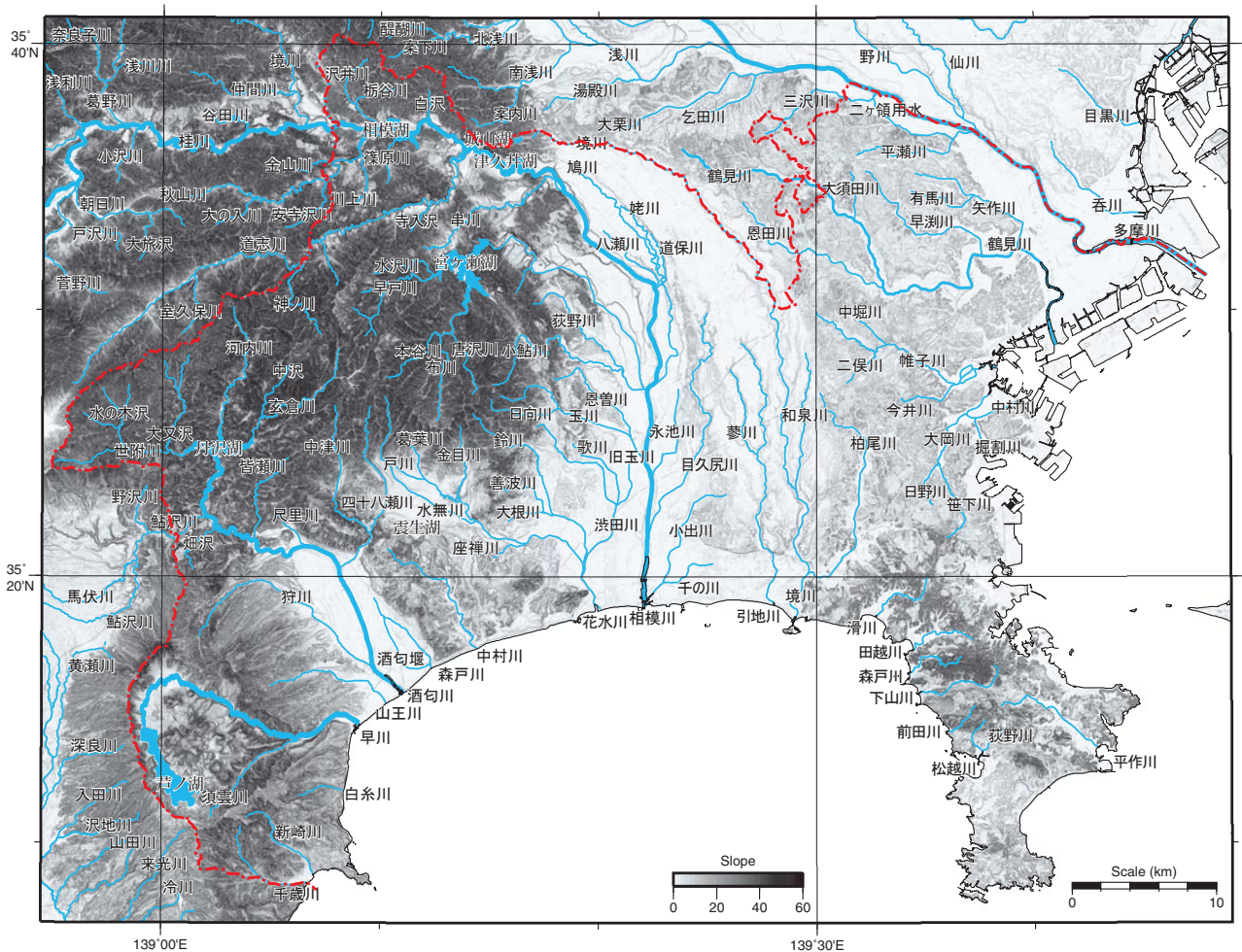


図 8. 神奈川周辺の河川図. 基盤地図情報 5 m メッシュ DEM を使用し、河川データを重ね、GMT により作図.

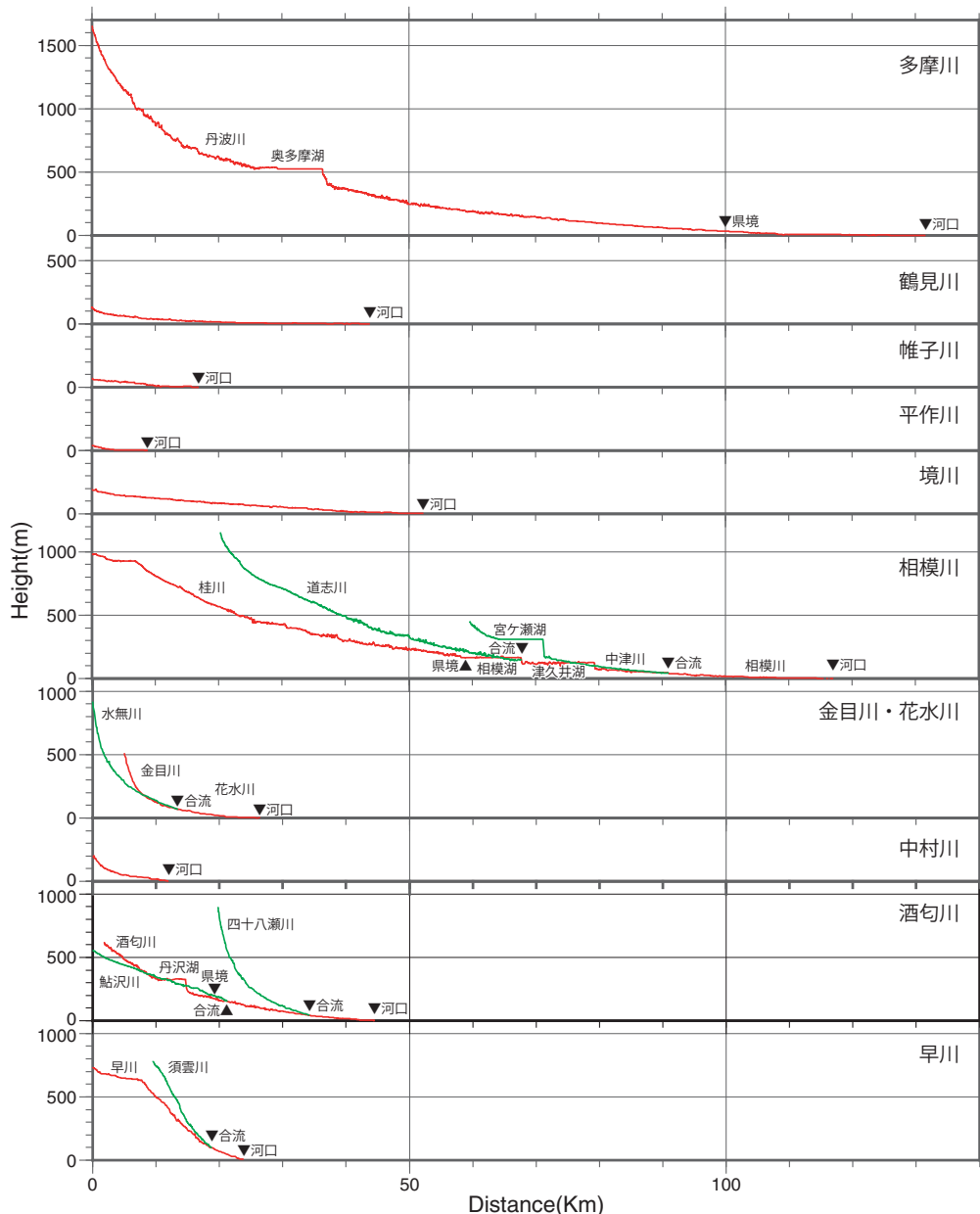


図 9. 神奈川周辺の河川断面図. 数値地図(標高) 50 m を使用し, GMT により作図.

海底谷が刻まれている。南関東周辺の段彩陰影図(図2)では、相模トラフにつながっている。熱海の沖合には、南南西―北北東方向に走る直線的な崖がある。加藤(1999)では、石橋(1988)の西相模湾断裂に想定される場所とあるが、音波探査では明瞭な断層構造はないとしている。

図7では、神縄・国府津―松田断層帯の延長部が、北北西―南南東方向に伸びていることを示している。

5. 神奈川の雨量

河川の発達には地形のほか、雨量が関係する。神奈川周辺の年間平均降水量を1 km メッシュで表したものを図10に示す。県内で最も降水量の多いのは箱根芦之湯付近で3,538.4 mm。この値は、このメッシュ内に位置するアメダスの観測値による。箱根火山では3,000 mm 以上、丹沢山地の南東側(大山～塔ノ岳～丹沢山～鍋割山～檜岳)では2,250 mm 以上、相模川上流(道志川や中津川を含む)エリアでは1,750 mm 以上となっている。これに対し、県東部は1,600 mm 程度となっている。このことは、布施(1988)でも同様の傾向を示している。なお、横浜地方気象台の観測によれば、横浜の年降水量は1688.6 mm となっている。

全体的な傾向としては、標高が高いほど降水量は多いが、丹沢山地では海からの風の当たる南東側で多くなる傾向がある。

6. おわりに

神奈川の地形を大きく3つの地域に分割することは、地球観測衛星画像、傾斜量図、段彩陰影図からも支持されることが分かった。地球観測衛星画像からは、広域の地形概観を論じたが、火山とプレートの隆起による山地については、傾斜量図からの判読が有効であった。傾斜量図では補えない高度に関する情報は、高度別段彩図を用いることで、台地、丘陵、平野での地形的特徴を明らかにできた。河川断面図からは、山地を流れる河川と丘陵地域の河川との間に明らかな差があることを示した。海底地形についても同様である。

さらに研究を進めることで、今までに見えてこなかった地下の構造を明らかにできる可能性があると考えられる。しかし、簡単に使用できる海底地形データはJ-EGG500の約500 m メッシュまでであり、これより詳細なものは自分たちでグリッドデータにしないといけない現状がある。高精度な海底地形データの公開を望む。

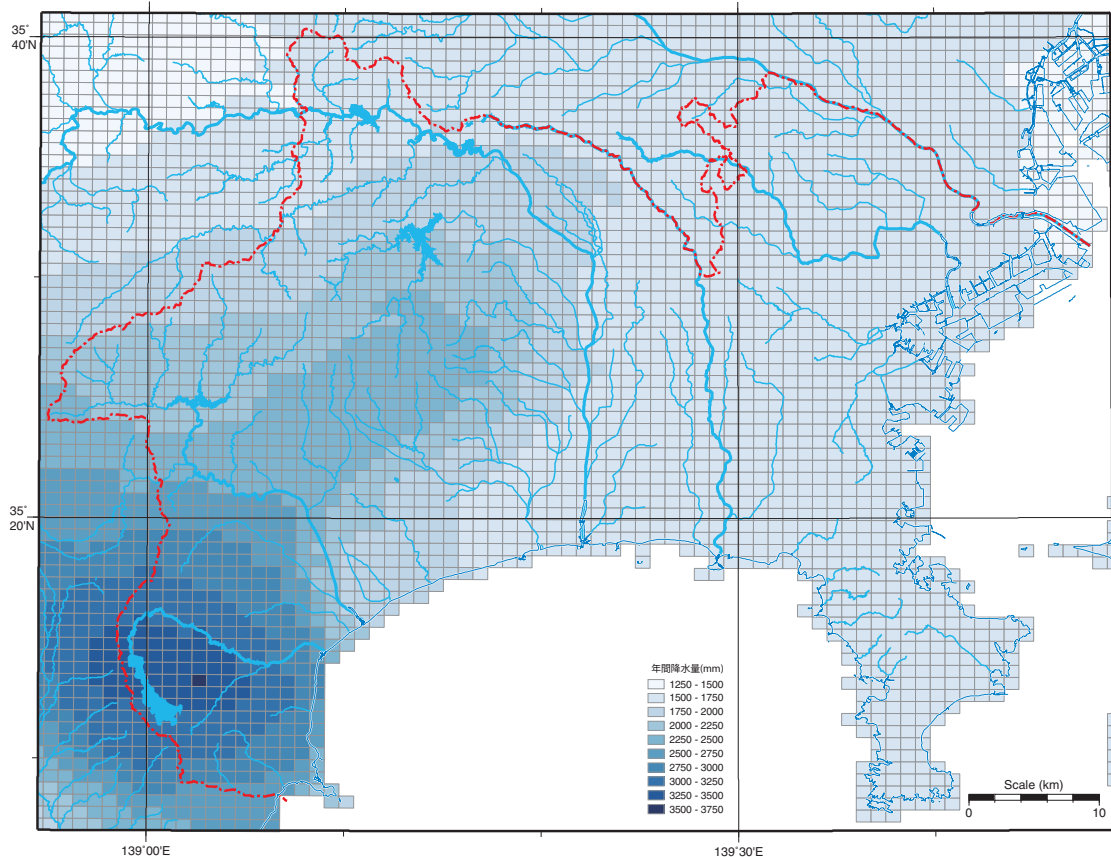


図 10. 神奈川周辺の年間平均降水量図. 国土数値情報の平年値メッシュデータを使用し, GMT により作図.

引用文献

- 布施健太郎, 1988. 神奈川県の気候. 神奈川県植物誌 1988, pp.1315-1320.
- 猪郷久義・菅野三郎・新藤静夫・渡部景隆, 1980. 関東地方 (改訂版). 日本地方地質誌. 493pp. 朝倉書店, 東京.
- 石橋克彦, 1988. " 神奈川西部地震 " と地震予知 I. 科学, **58**: 537-547.
- 地震調査研究推進本部, 2002. 三浦半島断層群の長期評価について. 文部科学省研究開発局地震・防災研究課. Online. Available from internet: https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/37_miura-hanto.pdf (downloaded on 2020-01-25).
- 海上保安庁, 2020. 海洋状況表示システム (海しる). Online. Available from internet: <https://www.msil.go.jp/msil/Htm/TopWindow.html> (downloaded on 2021-02-22).
- 貝塚爽平, 2000. 5-6(2) 多摩丘陵と下末吉台地. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原, pp.239-250. 東京大学出版会, 東京.
- 貝塚爽平・小池一也・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦, 2000. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原. 376pp. 東京大学出版会, 東京.
- 加藤 茂, 1999. 相模湾の海底地形と地質構造. 第四紀研究, **38**(6):469-477.
- 活断層調査会, 1991. 第 II 部 A53 横須賀, 新編 日本の活断層, pp.178-183. 東京大学出版会, 東京.
- 神谷 泉・田中耕平・長谷川裕之・黒木貴一・早田靖博・小田切聡子・政春尋志, 1999. 傾斜量図の作成とその応用. 情報地質, **10**(2): 76-79.
- 神谷 泉・黒木貴一・田中耕平, 2000. 傾斜量図を用いた地形・地質の判読. 情報地質, **11**(1): 110-24.
- 神奈川県環境管理課, 1988. 神奈川県アボイドマップ横浜市版. 26pp.
- 隈元 崇・中山大地・田中 靖・鈴木康弘, 2002. 活断層研究への数値標高モデルの応用. 活断層研究, (21): 5-16.
- 町田 洋, 2000. 3-2(2) 足柄山地一沈み込みから隆起に転じたプレート境界の山地. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原, pp.114-117. 東京大学出版会, 東京.
- 松田時彦, 2000. 3-2(1) 丹沢山地一衝突されて高くなった山地. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原, pp.109-114. 東京大学出版会, 東京.
- 松島義章・平田大二, 1988. 神奈川県の地形と地質. 神奈川県植物誌 1988, pp.1321-1331.
- 見上敬三, 1978. II 地質. 神奈川県史各論編 4 自然, pp.71-378.
- 新井田秀一, 2008. 地球観測衛星画像と数値標高モデル (DEM) に箱根火山の地形判読. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然), (13): 13-24.
- 新井田秀一, 2010. 4-11 構造線. 展示解説書 日本列島 20 億年その生い立ちを語る, pp.78-87. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- 新井田秀一・蛭子貞二, 2008. 地球観測衛星画像による余色立体図を使った地形判読の試み. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (37): 1-12.
- 新井田秀一・笠間友博, 2012. 南関東地方の地形概観. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (14): 11-24.
- 日本の地質「関東地方」編集委員会, 1986. 日本の地質 3 関東地方. 336pp. 共立出版, 東京.
- 日本地質学会編, 2008. 日本地方地質誌 3 関東地方. 570pp. 朝倉書店, 東京.
- 太田陽子, 2000. 4-2 三浦半島. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原, pp.142-149. 東京大学出版会, 東京.
- 資源・環境観測解析センター, 2001. 第 3 章可視近赤外から短波長赤外リモートセンシング. (財) 資源・環境観測解析センター編, 資源・環境リモートセンシング実用シリーズ (1) 宇宙からの地球観測, pp.51-106. チクマ秀版社, 東京.
- 資源・環境観測解析センター, 2003. ASTER レファレンスガイド Version1.0. Available from internet: <http://www.science.aster.ersdac.or.jp/jp/docmnts/reference.html> (Downloaded on 2011-12-15).
- 鈴木隆介, 1964. 第九章自然. 神奈川県の地理, pp.333-379. 光文館, 東京.
- 横山隆三・白沢道生・菊池 祐, 1999. 開度による地形特徴の表示. 写真測量とリモートセンシング, **4**: 26-34.