

南関東地方の地形概観

Landform mapping of the southern Kanto, Japan

新井田秀一¹⁾・笠間友博¹⁾

Shuichi NIIDA¹⁾ & Tomohiro KASAMA¹⁾

Abstract. The landform mapping of the southern Kanto was overviewed on the basis of the images visualized by the Digital Elevation Model (DEM) and the Advanced Earth Observation Satellite data. Imagery of various types of map, such as satellite map, contour map, hypsometric map, false-colored map, relief shading map, and slope map, is useful for comparative topographic and/or geomorphologic studies. The Kanto area landform reflects basically the tectonic history of Japanese island arcs formed due to subduction and collision of plates. The maps processed display lineaments and transverse forms showing plate boundaries and geologic structures.

Key words: landforms, tectonic line, DEM, remote sensing

1. はじめに

神奈川県、東京都、千葉県を含む南関東地方は、東側に太平洋プレート、南にフィリピン海プレート、北西には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。地形に表れる影響を地球観測衛星や最新の測地データから作図、判読した結果を紹介する。

2. データと手法

地形を判読するために今回用いたデータは、デジタル標高モデル (Digital Elevation Model : DEM) と呼ばれるグリッドデータと地球観測衛星 Terra/ASTER VNIR 画像のラスターデータである。使用したデータ一覧を表 1 に示す。

作図は、Intel Xeon CPU 3.40GHz 搭載の Windows7 パソコン (富士通 CELSIUS W510) に Generic Mapping Tools (GMT : <http://gmt.soest.hawaii.edu/>) をインストールして行った。

3. 段彩陰影図と等高線図による南関東地方の概観

図 1 は、日本水路協会の日本近海 30 秒グリッド水深データ (JTOPO30) を使用した東日本周辺の段彩陰影図である。JTOPO30 は、日本水路協会において品質管理済みの測量データや水深データセット、および新規に作成した等深線図の数値化データを基に、精度の高いデータを優先し統合編集したものである。なお、陸域は GLOBE の 1 km (30 秒) グリッド標高値 (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/globe.html>) を合成している。作図には、GMT の `gdgradient` コマンドで 320 度方向に光源を持つ陰影を求め、`grdimage` コマンドに水深 10,000 m から地上 4000 m の範囲に高さ別の色を割り当てた。

図 1 右側には、本州東方沖に南北方向に走る日本海溝があり、千葉県東方沖にて伊豆一小笠原海溝に連続する。その接続点から北西方向に相模トラフが分かれ、相模湾に入り込む。駿河湾では駿河トラフが北東-南西方向にあり、その先は南海トラフにつながる。

図 1 の段彩陰影図は、現在の地形を示すものである。地形の変化を考えると、浸食される以前の過去の地形を推定する手法として、接峰面図が用いられる。作図方法は、大きく 2 つに分けられる。ひとつは谷埋め法といい、等高線図において谷の幅がある一定の長さ (数 10 ~ 数 100 m) に満たない等高線を埋めるように

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
新井田秀一 ; GFH01253@nifty.ne.jp

表 1. 本研究において使用した DEM 一覧.

データ名称	発行機関	発行年	メッシュ間隔	データ紹介ホームページ	データ作成方法
日本近海30秒グリッド水深データ (JTOPO30)	日本水路協会	2003年	30秒	http://www.mirc.jha.or.jp/products/finished/JTOPO30/	測深データを集成し、等間隔に補間
数値地図250mメッシュ(標高)	国土地理院	1993年	11.25秒/7.5秒	http://www.gsi.go.jp/geoinfo/dmap/dem250m-index.html	2万5千分の1地形図より読み取り
500mメッシュ水深データ (J-EGG500)	日本海洋情報センター	2005年	500m	http://www.jodc.go.jp/data_set/jodc/jegg_intro_j.html	測深データを集成し、等間隔に補間
基盤地図情報(数値標高モデル) 10mメッシュ	国土地理院	2008年	0.2秒	http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html	2万5千分の1地形図より読み取り
地球観測衛星Terra/ASTER VNIR 画像	経済産業省 およびNASA	1999年	15m	http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/index_j.html	高度700 kmの極軌道から観測
ASTER Global DEM (ASTER GDEM)	経済産業省 およびNASA	2009年 (2011年)	30m	http://www.ersdac.or.jp/GDEM/J/index.html	ASTER VNIRの直下視と後方視画像を組み合わせた立体視画像より生成

閉じたものである。もうひとつは、適切なグリッド間隔を設定した中の最高値を代表値として等高線を描く方眼法というものである。岡山（1951）は、これらの手法を用いて 80 万分の 1 の縮尺にて日本全体を完成させた。5 万分の 1 地形図を元に、糸魚川－静岡構造線(矢部, 1918)を境に東側は 1.5 × 1.25 分メッシュの最高値を、西側は閉じた 100 m 計曲線で示される山頂の高度を元に描いている。その図の東日本側に海底部分を補ったのが、貝塚（1984）である。海底地形は、海洋保安庁海洋情報部（当時は水路部）の海底地形図「中部日本」を用いている。

本研究では、DEM を用いて接峰面図の作成を試みた。JTOPO30 は、グリッドサイズが 30 秒（約 900 m）と少し大きい。そこで、陸上と海底と別々に公開されている DEM を新たに合成した。陸上は国土地理院の数値地図（標高）の 250 m メッシュ（11.25×7.5 秒）、海底は日本海洋データセンター（JODC）の 500 m メッシュ

水深データ（J-EGG500）を用いている。それぞれはグリッドサイズが異なるため、J-EGG500 にあわせた 22.5 × 15 秒として、GMT の surface コマンドを用いて補間、合成をおこなった。これを用いて作成した等高線図が図 2 である。等高線間隔は 100 m で、－ 200 ～ 100 m の間は 50 m 間隔に破線を加えている。この図は、貝塚の図に比べ、陸域の等高線が込み合っている。これは、グリッドの中心点の標高値を採用している 250 m メッシュ DEM を単純に補間したためであると考えられる。しかし、この範囲での地形判読には影響ないとする。

図 2 より、伊豆－小笠原海溝、房総海底谷、相模トラフとつながる構造線が国府津－松田断層帯へとつながっていることが読み取れる。また、伊豆－小笠原海溝から、勝浦海底谷、鴨川海底谷とつながる構造線が、房総半島鴨川の低地帯につながることが判読できる。また陸上へのつながりはよくわからないが、北側には片貝海底谷がある。なお、これらの地名は岩淵（2000）による。糸魚川－静岡構造線を南方に延長した先に駿河トラフ、南海トラフがあることもわかる。

図 1 中に枠線で示している南関東地方を拡大したものが図 3 である。前述の相模トラフを経て国府津－松田断層帯から神縄断層へとつながる構造を読み取ることができる。特に、房総半島洲崎の西の沖合にある沖の山堆列と呼ばれる海丘列は、5 ～ 10 km 間隔で存在し、北西方向に大磯丘陵につながっている（岩淵, 2000）。鴨川海底谷から鴨川低地につながる構造は、東京湾口の久里浜－金谷間において東京海底谷の深度が急に浅くなる場所にある盆地状の地形を経て、三浦半島の宮田台地の凹地形につながるようにみえる。また、箱根火山、丹沢山地、関東山地は東経 139 度 15 分線を境に、西側に向け急激に標高が高くなっていることがわかる。この線構造は、名称は記述されていないが山崎（1925）の図に描かれており、Yabe and Aoki（1926）による八王子（構造）線に相当するものである。

4. 地球観測衛星画像で見る南関東地方

広範囲の地形を概観する手法として、衛星軌道からの観測は有効である。ここでは 2000 年代に地球観測衛星 Terra/ASTER VNIR が観測した南関東地方の衛星画像を図 4 に示す。衛星画像は EXPIA/S（富士通 FIP 製）を用いて幾何補正を行い、バンド 1 とバンド 3 を用いたバンド間演算によって青色を補間している（資源・

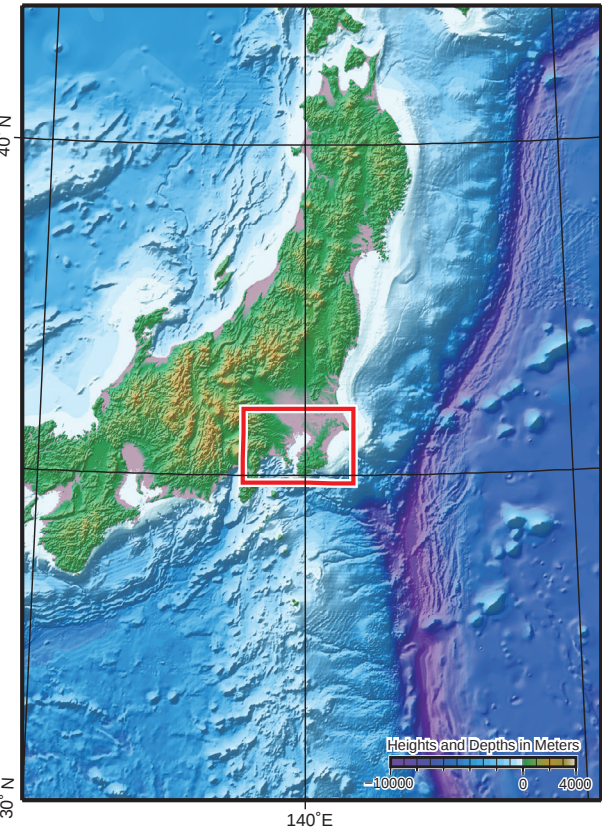


図 1. 東日本周辺の地形(段彩陰影図). 日本近海 30 秒グリッド水深データ (JTOPO30) を使用し、GMT にて作図.

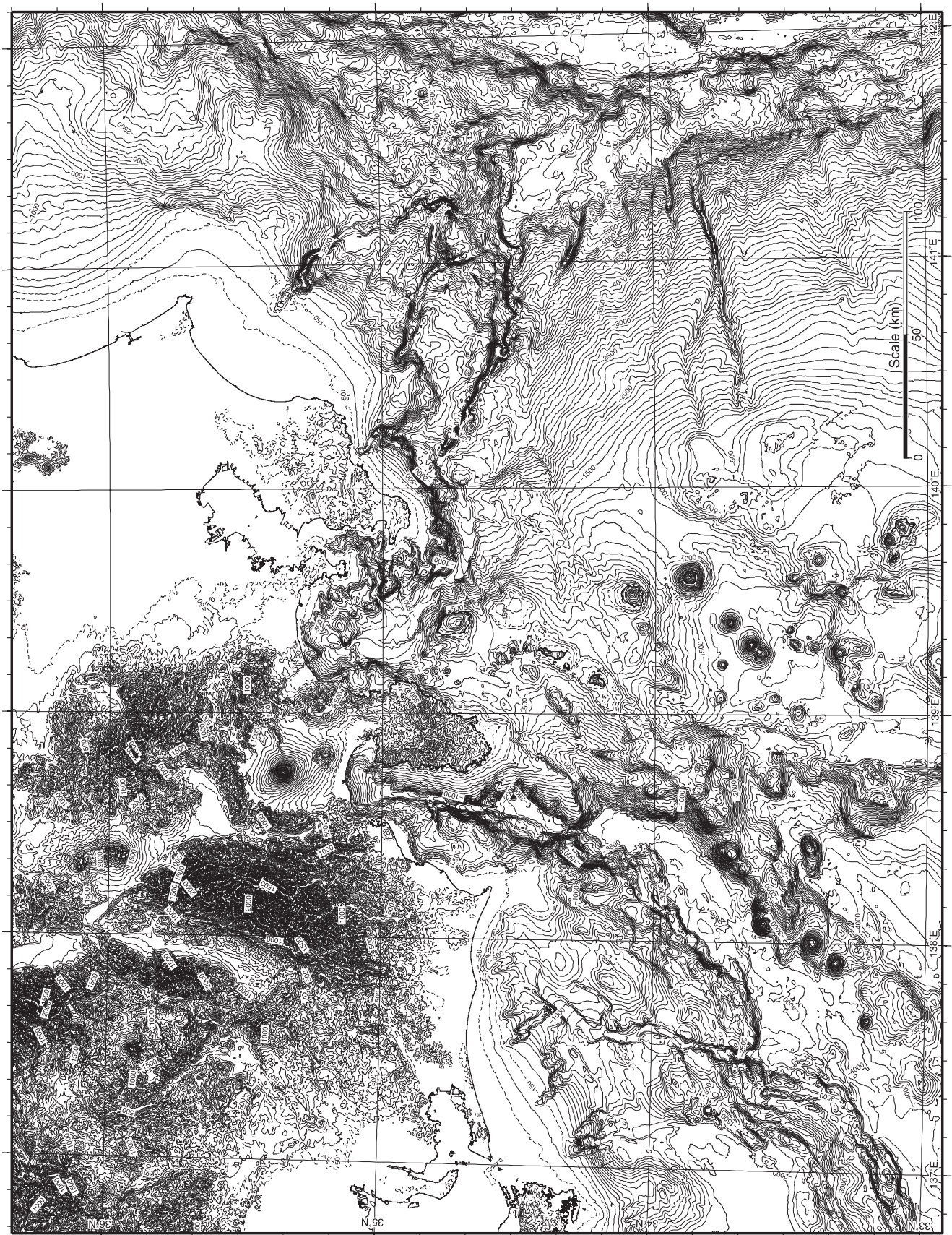


図2. 東日本周辺の100 m 間隔等高線図. 数値地図 (標高) 250 m メッシュと500 m メッシュ水深データを合成した500 m メッシュDEMを使用し, GMTにて作図.

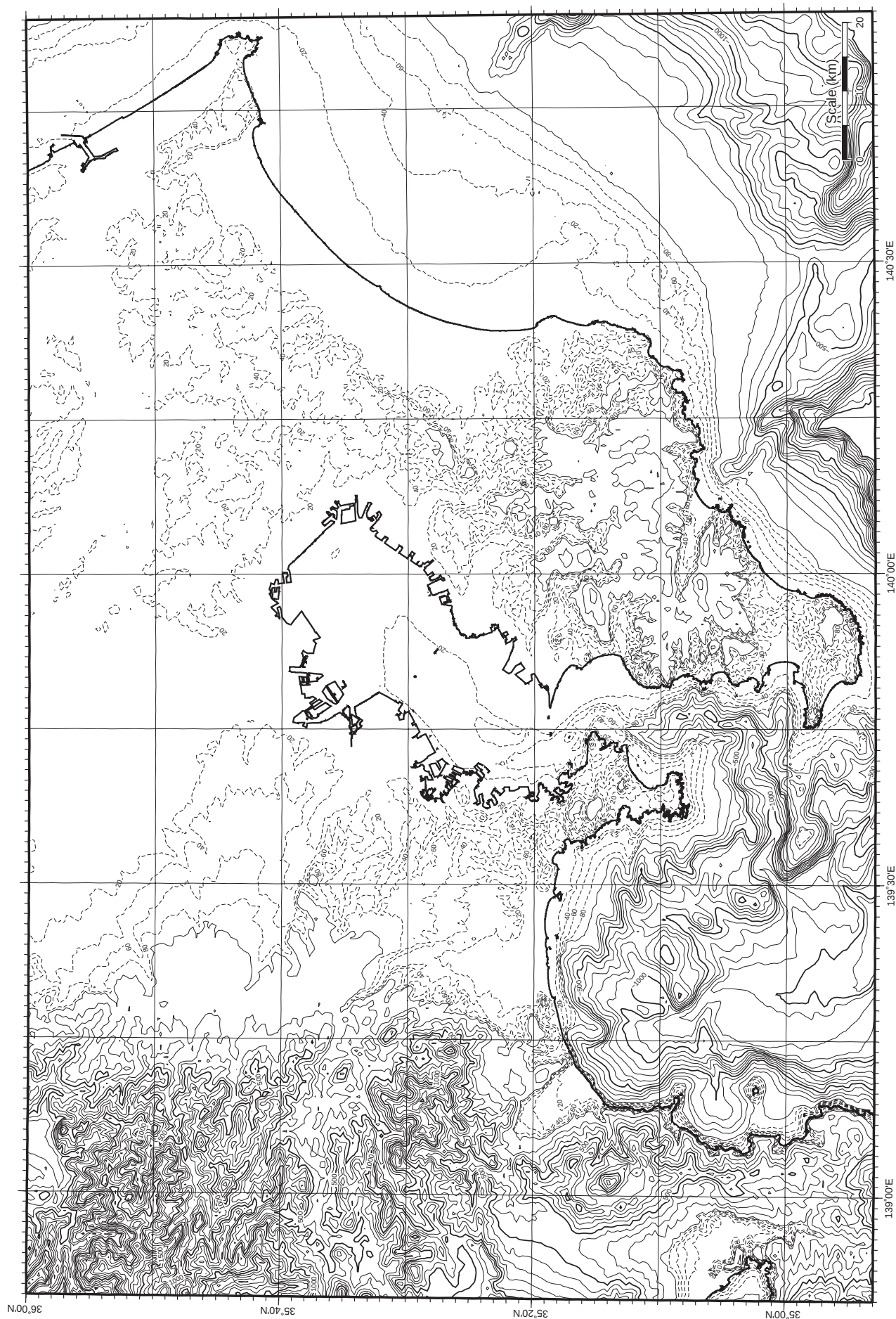


図 3. 南関東地方の 100 m 間隔等高線図. 数値地図 (標高) 250 m メッシュと 500 m メッシュ水深データを合成した 500 m メッシュ DEM を使用し, GMT にて作図.

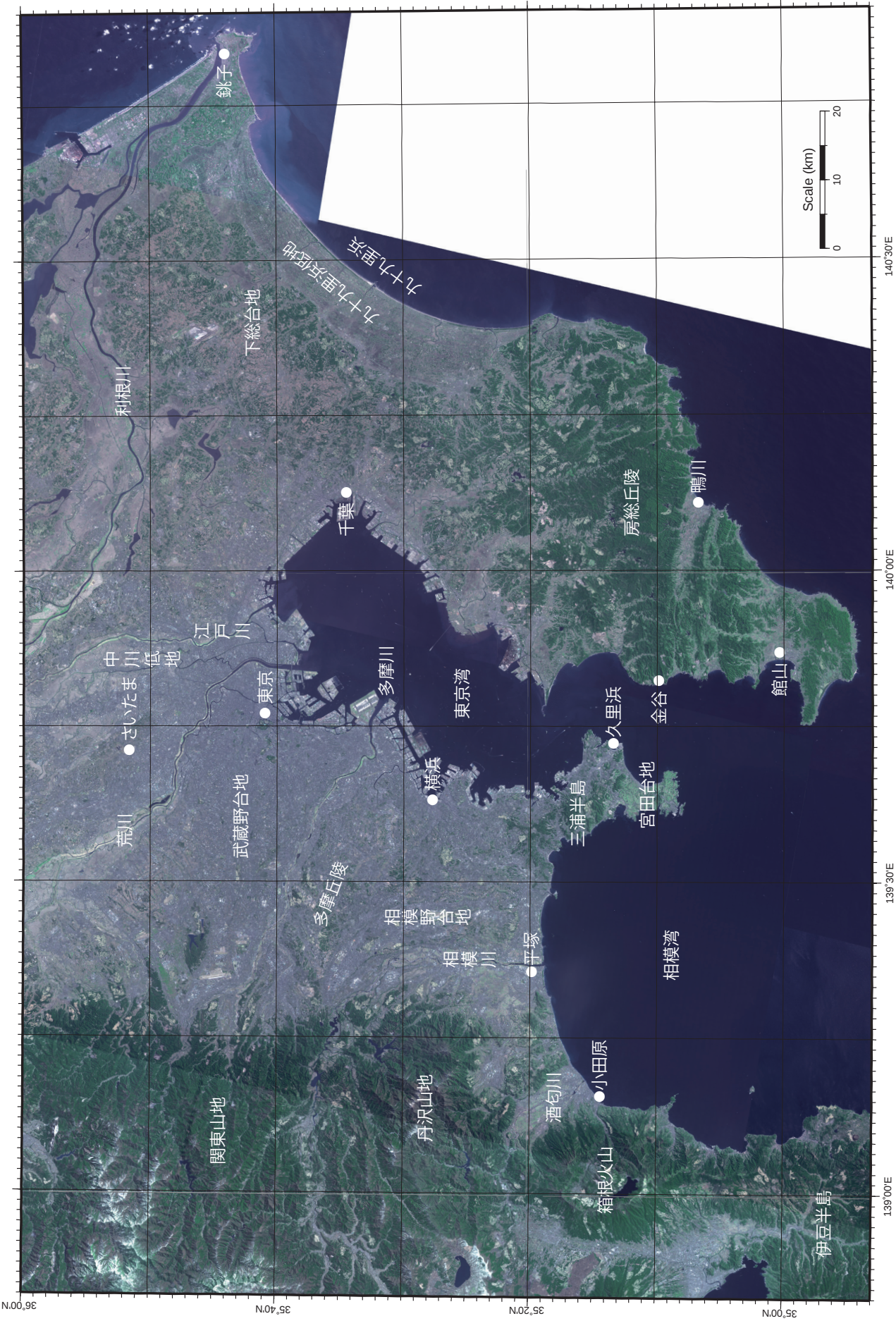


図 4. 南関東地方の衛星画像地図，地球観測衛星 Terra/ASTER VNIR 2000 年代観測画像を合成．

環境観測解析センター, 2003)。バンド毎にビットマップ画像に分割したのちグリッドファイル化を GMT の xyz2grd コマンドで行い、grdimage コマンドで作図した。

図 4 では、西側に位置する箱根火山や関東山地と、中央部に広がる関東平野について、色の違いをはっきりと認識することができる。VNIR のような可視近赤外域センサの画像では、色は地上の被覆と強い関係がある（資源・環境観測解析センター, 2001）。カラー画像では緑色、白黒画像では色が濃く見える部分は、植物、特に樹木で覆われていることを表している。カラー画像で灰色、白黒画像で淡く見える部分はコンクリートなどで覆われた市街地である。房総半島に多く見られる虫喰い状の模様は、ゴルフ場である。これは、伊豆半島や関東山地においても確認することができる。

図 4 を詳細に観察すると、丹沢山地や関東山地など植物で覆われている部分は、その色合いは様ではなく、折りしわがあるように見える。これは、稜線や谷筋などの地形の起伏である。稜線は山腹と植生が異なることが多く、谷筋は侵食のため岩石の露出や砂の堆積があることが多い。そのため画像の色が異なる。また、地形の傾斜方向によって太陽光の当たり方が異なることで明暗となり、陰影として認識される。通常、地図において用いられる陰影は、北西方向（例えば、図 1 では 320 度）に光源を設定する。しかし、衛星画像は朝 9 時 30 分ごろに観測されるため、地図とは逆の南東方向に光源を持つことになる。そのため、立体感は逆に感じられ、尾根と谷が反転しているように見えるので注意が必要である。丹沢山地や関東山地では、東西方向の稜線が発達していることが読み取れる。

南部の房総半島では、九十九里浜低地とその背後の下総台地においてコントラストの違いが見える。また、鴨川周辺においては、西北西―東南東方向にコントラストが異なるクサビ型の鴨川低地が見られる。この低地の両側にある丘陵部分には、南北方向に何本か筋状に色合いの異なる谷が読み取れる。

5. ASTER GDEM を用いた高度分布図で見る南関東地方

このように地球観測衛星の観測画像は、地形の起伏を色からある程度判断することができる。さらに Terra/ASTER には、直下視画像と後方斜視画像を組み合わせたステレオ観測によって、標高値を計測できる機能が盛り込まれている（藤定, 1995）。2009 年には、この機能を用いて作成した ASTER GDEM と呼ばれる全球 3 次元地形データの提供が開始された（ASTER GDEM Validation Team, 2009）。ASTER VNIR は 15 m の解像度を持つが、GDEM では 1 秒（約 30 m）のメッシュサイズとなっている。しかし、実際に表現されている地形の精度は約 120 m となっていた（ASTER GDEM Validation Team, 2009）。そのため、地形の表現力の改良を図り 2011 年 10 月に Version2 が公開された（GDEMv2）。この改良により、グリッドサイズは変わらないが地形の表現精度は約 70 m となったとされる（Tachikawa *et al.*, 2011）。新井田（2010）は GDEM を使用した地形表現を検討しているが、箱根火山湖尻付近において行った GDEMv2 との比較結果を図 5 に示す。作図手法は、新井田（2010）と同じである。芦ノ湖については湖水面がフラットになっている。三国山から湖尻峠へと至る外輪山の外側を刻む谷がシャープに表現されている。また、駒ヶ岳頂部や台ヶ岳の溶岩ドームや、神山・駒ヶ岳から芦ノ湖へ流れた溶岩流も細かく表現されている。

GDEMv2 から作成した南関東地方の高度分布図を、図 6 に示す。この図は、GMT の grdimage コマンドを用いて作図した。その際、地形を区分するため、高度分布を 6 段階に区分した。大まかな基準として高度 0 ~ 25 m は、低地としてほぼ沖積面に相当する。25 ~ 100 m は台地や丘陵の下位面、100 ~ 200 m は丘陵の上位面、200 ~ 600 m は標高の低い山地、600 ~ 2000 m は山地を示すように区分を設定した。

図 6 南東部にある房総半島は、200 m より高い地形が非常に少ない。また、25 ~ 100 m および 100 ~

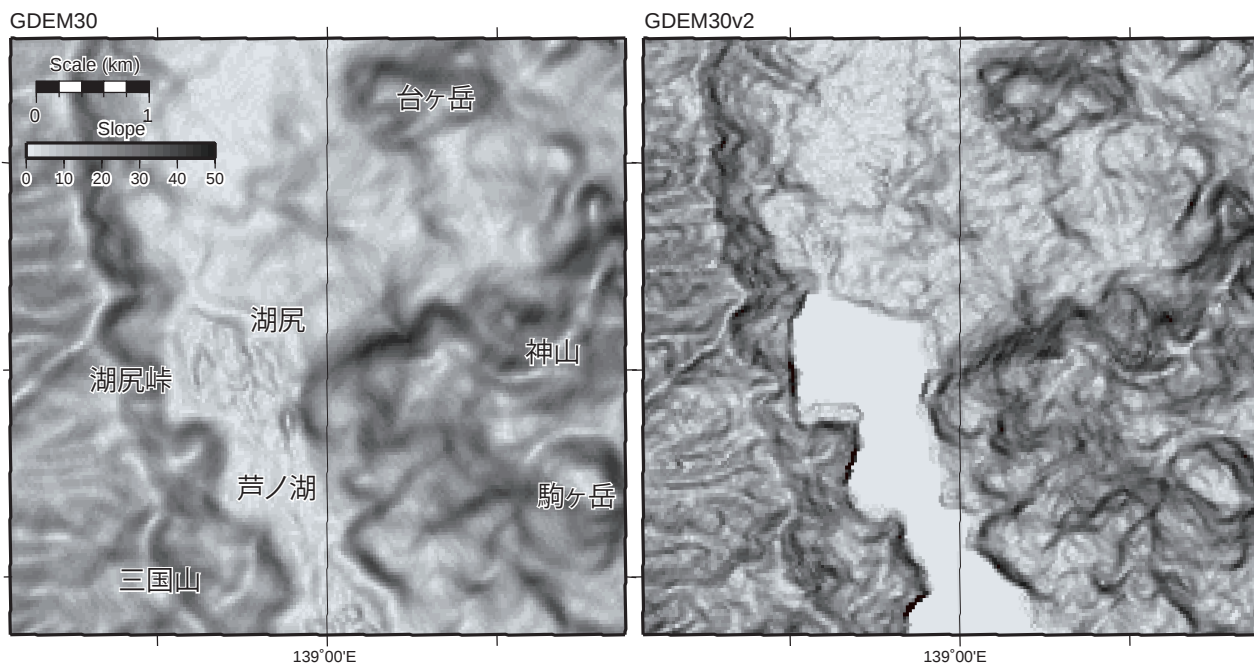


図 5. ASTER GDEM の地形表現力の比較。ASTER GDEM と ASTER GDEM Version2 を、箱根火山湖尻周辺にて比較。GMT にて作図。

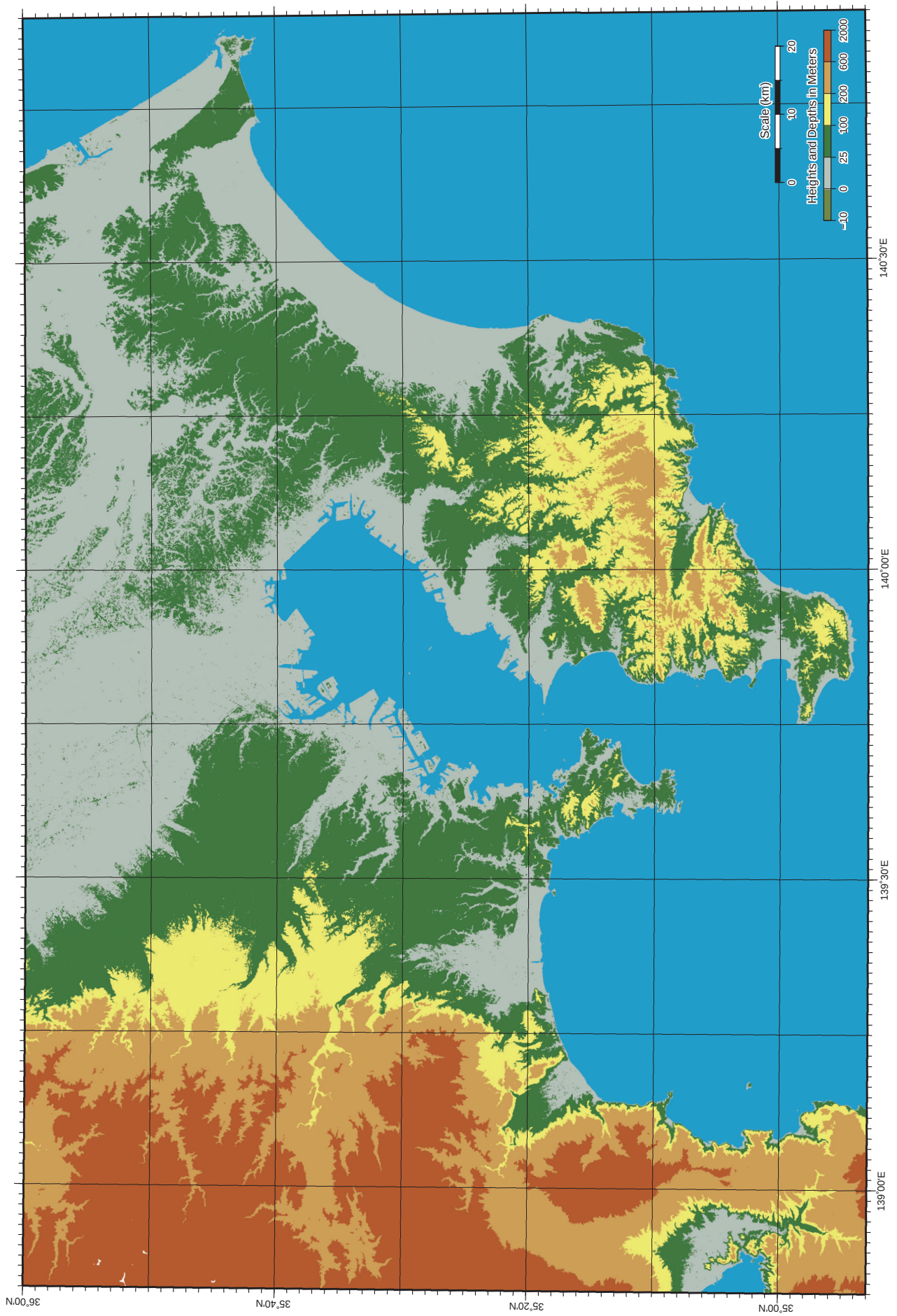


図 6. ASTER GDEM による南関東地方の高度分布図. ASTER GDEM Version2 を使用し, GMT にて作図.

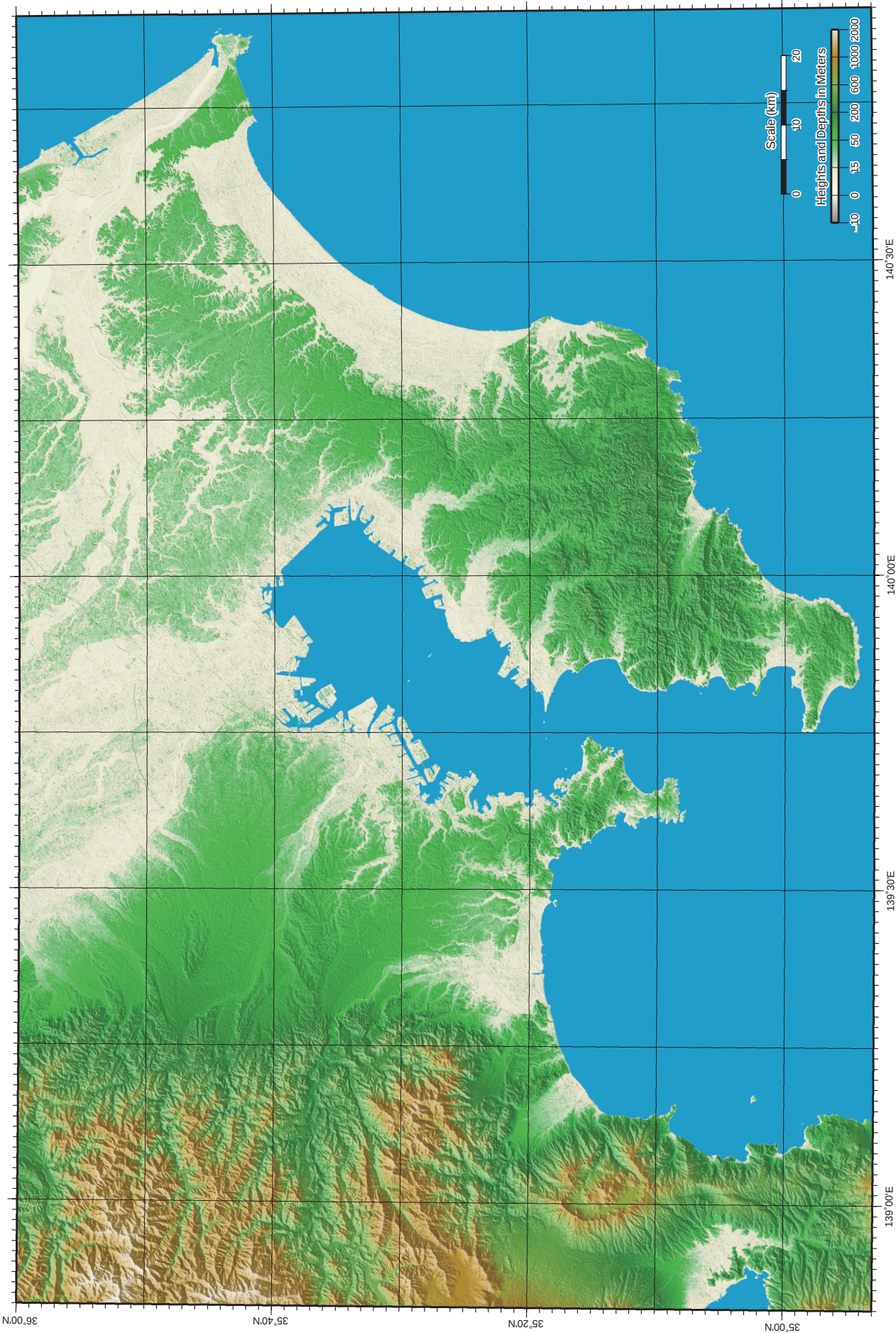


図 7. ASTER GDEM による南関東地方の段彩陰影図. ASTER GDEM Version2 を使用し, GMT にて作図.

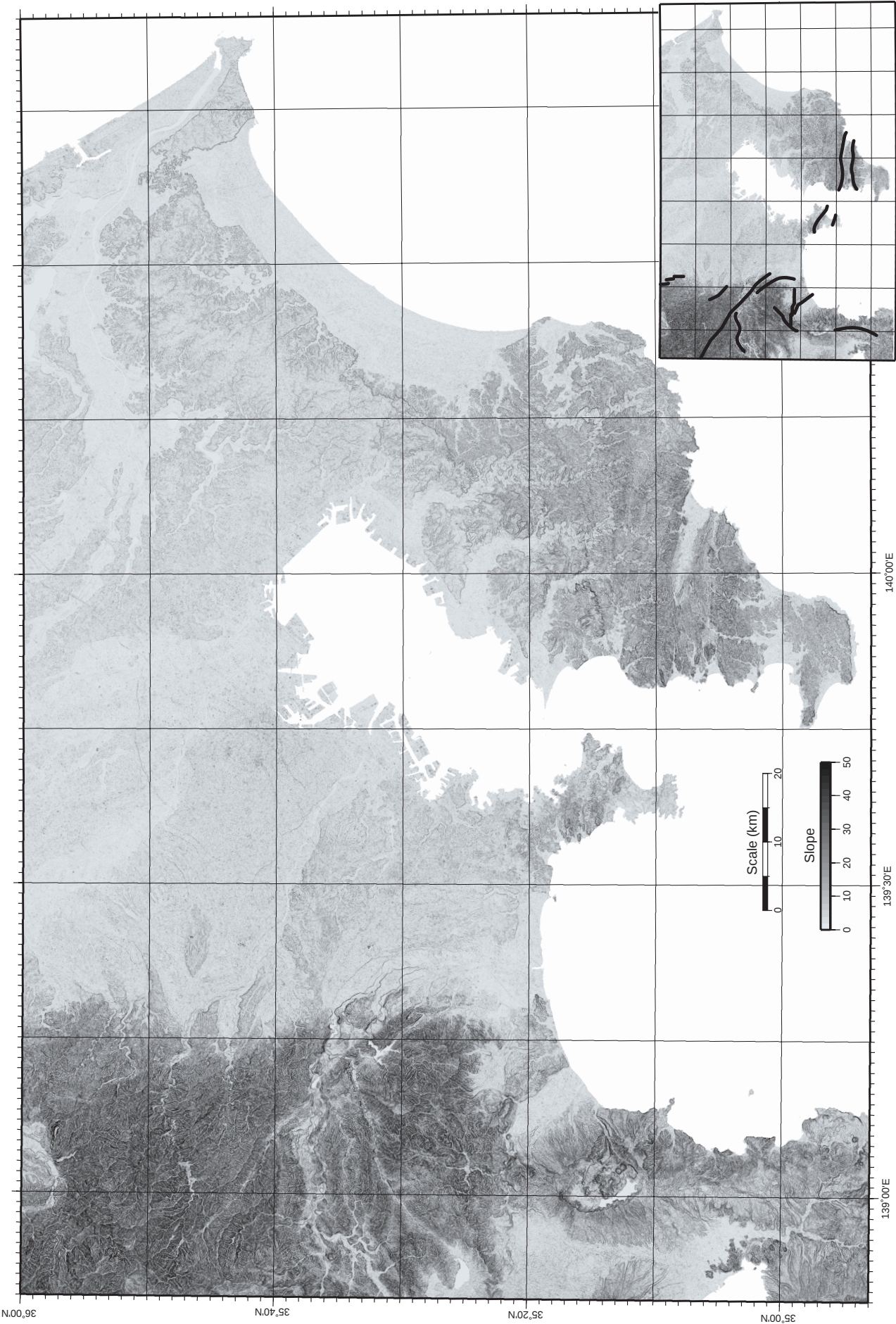


図 8. ASTER GDEM による南関東地方の傾斜量図. 右下は、図から判読した線構造. ASTER GDEM Version2 を使用し、GMT にて作図.

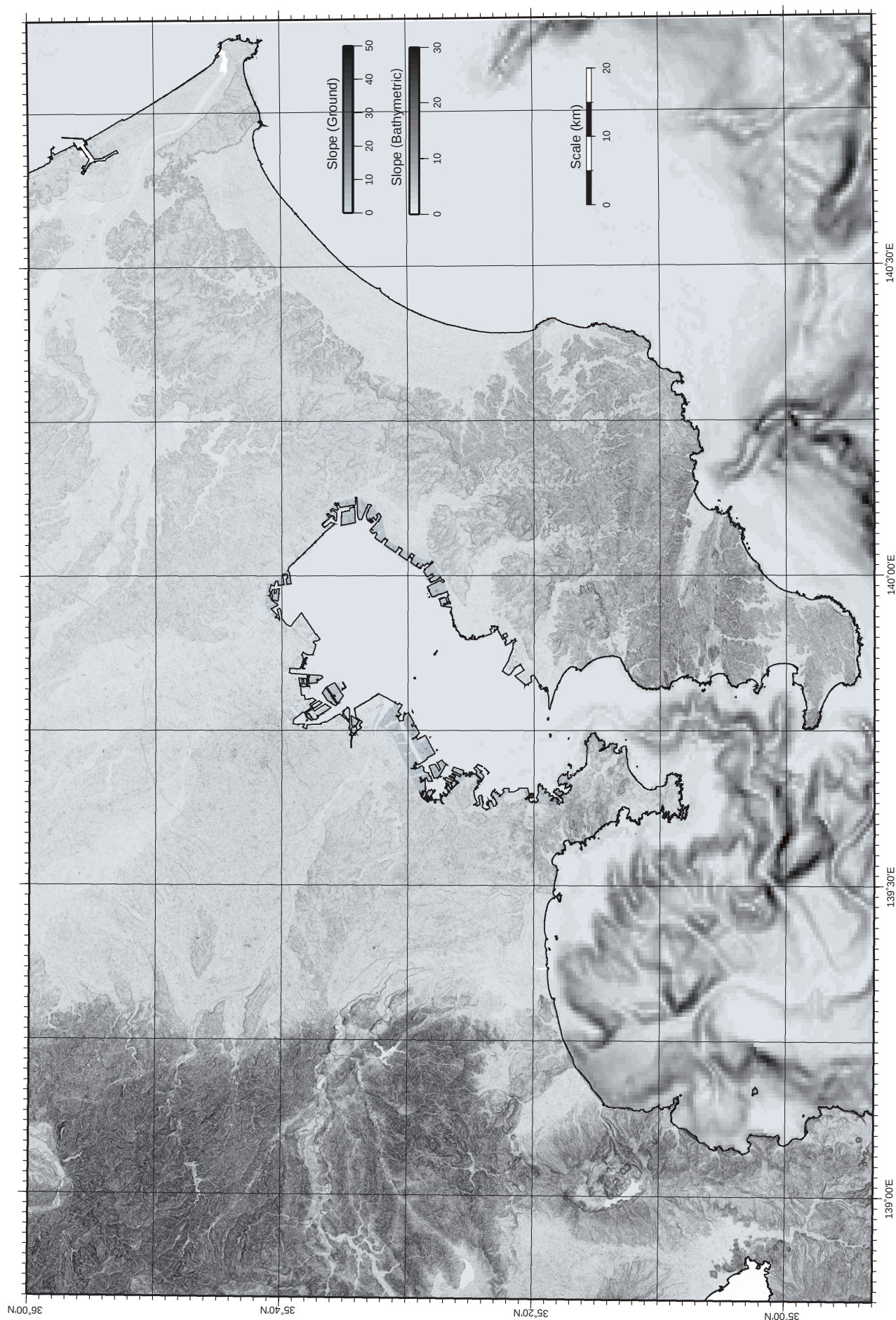


図 9. 陸上地形と海底地形を合成した南関東地方の傾斜量図. ASTER GDEM Version2 と J-EGG500 を合成し, GMT にて作図.

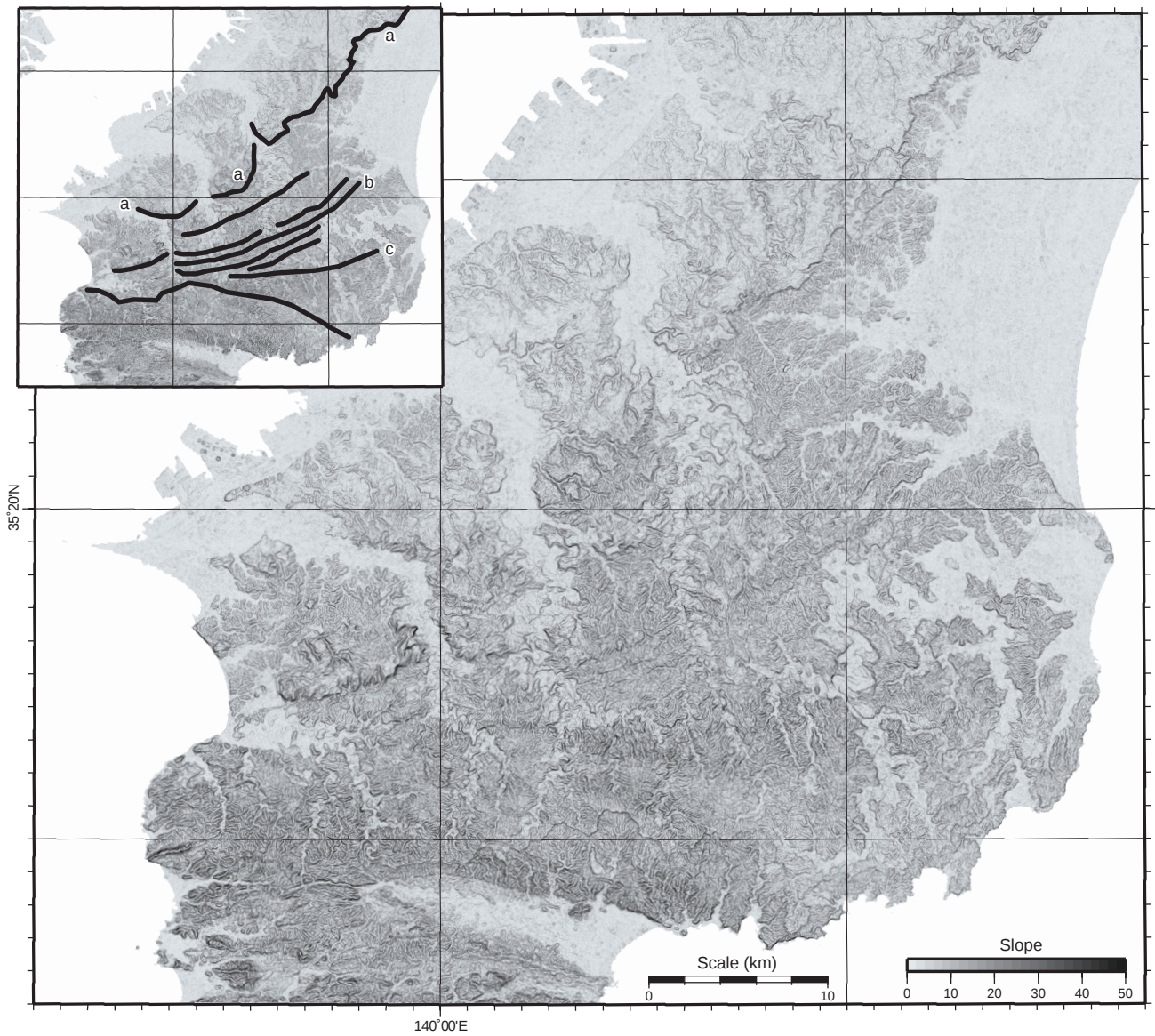


図 10. ASTER GDEM による房総半島中部の傾斜量図。左上は図から判読した線構造 (a: 下総層群地藏堂層と上総層群笠森層との境界, b: 上総層群国本層と梅ヶ瀬層との境界, c: 上総層群大田代層と黄和田層との境界)。ASTER GDEM Version2 を使用し, GMT にて作図。

200m の地形は、幅が狭く入り組んでいることがわかる。しかし、図 6 西部にある箱根火山、丹沢山地、関東山地では、図 3 で指摘した八王子（構造）線の西側において 200 ～ 600 m および 600 ～ 2000 m の地形が目立つ。また、地形の入り組みは高度を増すにつれても少なくなっていく。

図 6 中央部の関東平野は、酒匂川、相模川、多摩川、荒川、江戸川、中川、利根川などの河川沿いの低地と、それ以外の高度 25 ～ 100 m の地形に分かれる。

6. ASTER GDEM を用いた段彩陰影図で見る南関東地方

GDEMv2 から作成した段彩陰影図を図 7 に示す。JTOPO30 による図 1 とは異なり、この図では、25 m、50 m、100 m、200 m、600 m、1000 m、2000 m に色のピークが表れるように、GMT の `grdimage` コマンドを用いて作図している。

0 ～ 25 m の沖積面は、高度分布図（図 6）よりわかりやすい。また、図 6 では区分できなかった 200 m 以下の高度における丘陵と台地は、細かい谷の形成度合いの差から区分することができる。

7. ASTER GDEM を用いた傾斜量図で見る南関東地方

GDEMv2 から作成した傾斜量図を図 8 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で、神谷ほか（1999）では、国土地理院の数値地図（標高）50 m メッシュを用いて作図している。傾斜量図を用いた地形・地質の判読については神谷ほか（2000）に詳しい。南関東地方の中では、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、房総半島の先端や三浦半島、箱根火山、丹沢山地、関東山地では色が濃いことから、急傾斜な地形が発達していることがわかる。また、図 6 において関東平野の高度 25 ～ 100 m の場所は、山地ほどではないが少し濃い色をしており、傾斜が 10 ～ 20 度程度と判読できる。その中で、比較的起伏の少ない台地と、細かい谷の発達している丘陵との区別は、段彩陰影図（図 7）よりしやすい。

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）。図 8 には、そのようにして判読した線状構造をインデックスとして図右下につける。西

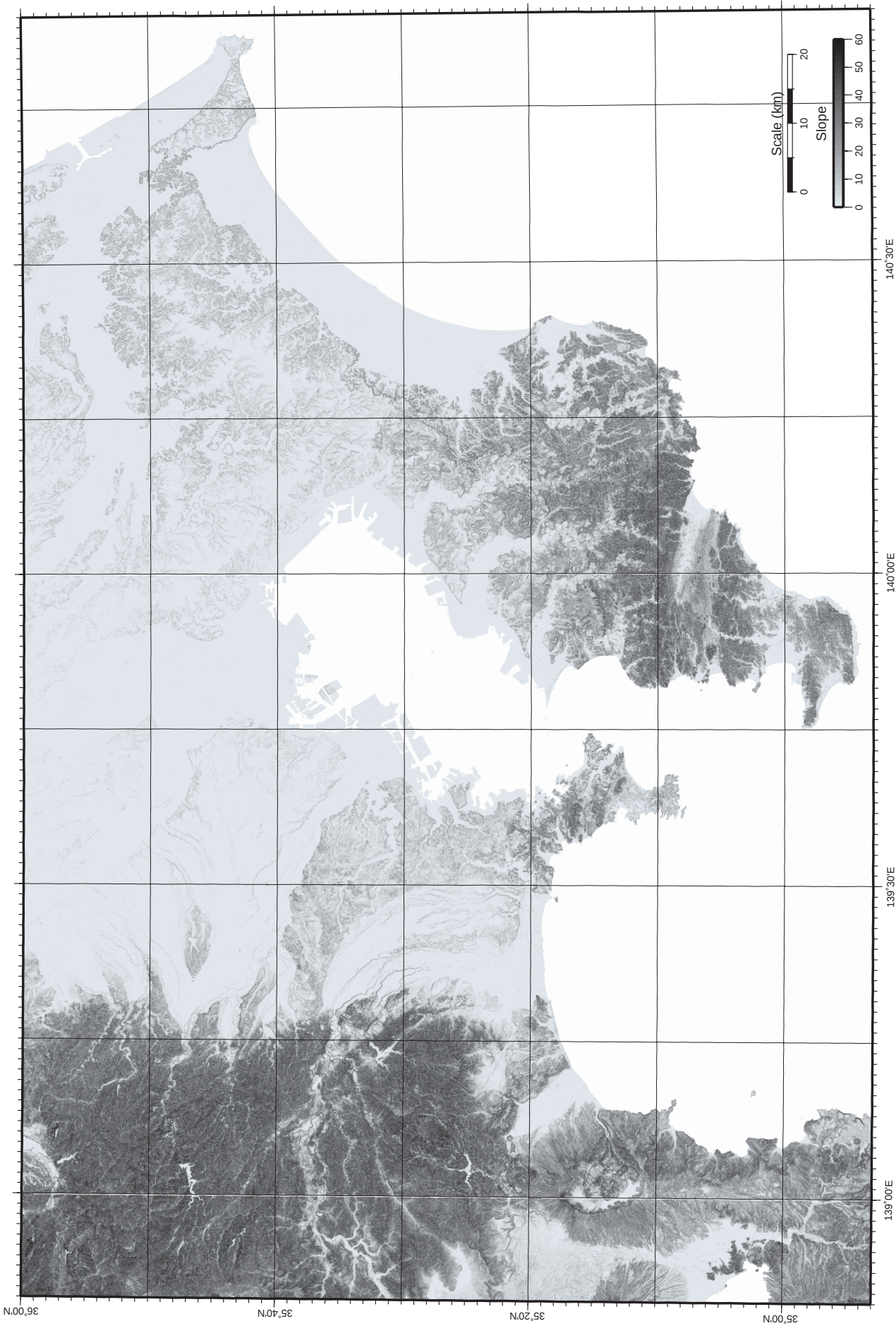


図 11. 基盤地図情報 (標高) 10 m メッシュによる南関東地方の傾斜量図. 基盤地図情報 (標高) 10 m メッシュを使用し, GMT にて作図.

部の山地や三浦半島、房総半島では線状の構造をいくつも判読することができる。三浦半島では住宅地開発により人工的に改変されてしまった地形があるため、連続性を追跡できない部分があるが、北西－南東方向に連なる線構造が何本も存在する。また、新井田・蛭子（2008）で地球観測衛星 Terra/ASTER VNIR 画像による余色立体図の判読結果にあるような、前述の構造線に交わる南北方向の線構造も読み取ることができる。房総半島においては、嶺岡構造線周辺について傾斜角の急変によって線構造を判読することができる。このような線は、松田ほか（1977）や高橋（2006）などにて紹介している線構造に類似している。

上記のように陸上の地形については、GDEMv2 といった詳細なグリッドサイズの DEM が公開されているが、海底地形については前述の J-EGG500 より詳細なものは一般には公開されていない。房総半島から三浦半島への線構造の連続性を確認するために、GDEMv2 と J-EGG500 を合成した傾斜量図を図 9 に示す。グリッドサイズが異なるため、GMT の `grdimage` コマンドで別々に作図したものを合成している。図 2 や図 3 で示した等高線図の元データとして、J-EGG500 はグリッドサイズの粗さはあまり目立たない。しかし、傾斜量図として用いた場合、30 m グリッドの GDEMv2 に比較して粗さが目立つ。

等高線図（図 3）において判読した鴨川海底谷から鴨川低地を通り、三浦半島の宮田台地につながる構造の北限は、傾斜量図（図 9）では、東京湾に入り込む東京海底谷の金谷沖において 20 度強の傾斜が線状に見られる部分につながる。少し西側にふくらみながら久里浜へつながり、三浦半島中央部の宮田台地北縁につながる。

次に、房総半島中央部の拡大図を図 10 に示す。この図では北東－南西方向に傾斜が急変する線状の構造を読み取ることができる（図 10 左上）。この線構造は、地層を構成する岩相に起因すると考えられる。徳橋・渡邊（2008）の房総半島中部の地質図と比較すると地層境界に重なり、各層の走向と地形との対応関係が明瞭に表れている。記号を付けた線のうち、線 a は下総層群地蔵堂層（中里，2008）と上総層群笠森層の境界に重なる。線 b は、上総層群国本層と梅ヶ瀬層の境界に重なる。線 c は上総層群大田代層と黄和田層の境界に重なる。国末ほか（2002）の岩相柱状対比図によると国本層や黄和田層には塊状泥岩があり、このような固い岩相が浸食状況に影響を与えていると考えられるが、今後詳しく検討したい。

8. 基盤地図情報（標高）10 m メッシュ DEM を用いた傾斜量図で見る南関東地方

ASTER GDEM は地形を実測しており、現実には即しているものと考えられるが、解像力が低い。その問題を補うため、地形図の等高線から作成された DEM を用いる。この場合、地形図を作成する際と、DEM を作成する際の 2 回にわたって変換を受けていることになる。

国土地理院の基盤地図情報（標高）10 m メッシュを用いた傾斜量図を図 11 に示す。この DEM は、2 万 5 千分の 1 地形図における等高線を 0.4 秒間隔で読み取ったものである。ASTER GDEM による傾斜量図（図 7）では、平野などの平坦面に細かい起伏を観察できるのに対し、図 11 では単色でより平坦であるようにみえる。GDEMv2 では、鉄道や道路による堤防状の盛り上がりや切り通しを計測しているが、基盤地図情報ではそれらを計測していないようである。

房総半島においては、九十九里浜低地と下総台地の境界がよりはっきり認識できる。相模川と多摩川に挟まれている多摩丘陵と相模野台地と相模川低地については、多摩丘陵は全体的に黒い割合が多いこと、相模野台地と相模川低地は淡色だが境界部に黒い部分があることで区分できる。

9. まとめ

地球観測衛星画像は、地形の概観を直感的に判読できる。特に山地における線構造や、山地と平地の境界については、コントラストから判読できる。さらに、衛星画像から作成した DEM を用いた図は、作図方法によって判読できる地形の特徴が異なることが分かった。

等高線図は、もっとも一般的な作図であるが、等高線の密度によって傾斜量を判断し、地形の連続性を判読できる。高度分布図は地形面の高度を把握しやすい。高度と成因が関係付けやすい沖積面などの低地の判読に有効である。さらに、段彩陰影図は、丘陵と台地のように高度だけでは分類できない地形の判読に、斜面の傾斜を陰影で表すことから有効である。傾斜量図では、傾斜角度を濃淡で表すため、丘陵と台地のように地表面形状に特徴の表れる地形を区分しやすい。また、溶岩流台地や溶岩ドームなどの火山地形や断層や構造線などの線状構造を判読しやすい。このように、地球観測衛星の観測による画像や DEM というデータは、構造線などの大地形の判読に対して有効であることを示した。今後は、地質図との対比について、検討していきたい。

現状の GDEMv2 では、改良されたといえ解像力に不満が残る。地形判読には、さらに高解像度な DEM を用いて解析を行うことが望ましい。このことは海底地形においても同様である。GDEM については、さらにアルゴリズムを改良し、より精度を高めたデータの公開が望まれる。基盤地図情報については、レーダー測量および写真測量によって直接生成する 5 m メッシュの DEM を大都市圏を中心に逐次公開している。南関東地域については東経 139 度 7 分 30 秒より東側の神奈川県と東京都の平野・丘陵部について公開されている。しかし、房総半島については、ごく一部の地域しか公開されていない。山地部も含めて、早い公開が望まれる。海底地形についても、詳細なグリッドサイズの DEM について整備公開が望まれる。

なお、各種地図類の作成に際しては、日本学術振興会科学研究費基盤研究（C）（課題番号：19611016、

21601014, いずれも研究代表者: 斎藤靖二)の一部を使用した。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- ASTER GDEM Validation Team, 2009. ASTER Global DEM Validation Summary Report. Available from internet: http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/image/ASTERGDEM_Ver1.pdf. (Downloaded on 2011-12-15).
- 藤定広幸, 1995. ASTER センサシステムの概要. 日本リモートセンシング学会誌, **15**(2): 8-15.
- 岩淵 洋, 2000. 4-4 相模トラフ. 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, pp.161-166. 東京大学出版会, 東京.
- 貝塚爽平, 1984. 南部フォッサマグナに関連する地形とその成立過程. 第四紀研究, **23**(2): 55-70.
- 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): 11-24.
- 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.
- 国末彰司・三田 晴・和気史典, 2002. 千葉県茂原ガス田の地下地質と水溶性天然ガス・ヨウ素の生産性について. 石油技術協会誌, **67**(1): 83-96.
- 松田博幸・羽田野誠一・星埜由尚, 1977. 関東平野とその周辺の活断層と主要な構造的線状地形について. 地学雑誌, **86**(2): 20-37.
- 中里裕臣, 2008. 4.3.2 下総台地. 4.3 下総層群および相当層・段丘堆積物・ローム層. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 3 関東地方, pp.315-322. 朝倉書店, 東京.
- 新井田秀一, 2010. 解像力の異なる数値標高モデルを用いた傾斜量図による地形表現. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (39): 1-19.
- 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.
- 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/documnts/refernce.html> (Downloaded on 2011-12-15).
- Tachikawa, T., Kaku, M. & Iwasaki, A., 2011. ASTER GDEM Version 2 Validation Report. Japan's Validation Report. Available from internet: http://www.ersdac.or.jp/GDEM/ver2Validation/Appendix_A_ERSDAC_GDEM2_validation_report.pdf. (Downloaded on 2011-12-15).
- 高橋雅紀, 2006. 日本海拡大時の東北日本弧と西南日本弧の境界. 地質学雑誌, **122**(2): 14-32.
- 徳橋秀一・渡邊真人, 2008. 4.2.1 房総地域の上総層群. 4.2 上総層群および相当層. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 3 関東地方, pp.281-292. 朝倉書店, 東京.
- 矢部長克, 1918. 糸魚川-静岡線. 現代之科学, **6**(3): 147-150.
- 矢部長克・青木廉二郎, 1927. 関東構造盆地周縁山地に沿える段級の地質時代. 地理学評論, **3**: 79-87.
- Yabe, H and Aoki, R., 1926. The great Kwanto earthquake of September 1, 1923, geologically considered. *Annual Report Work of Saito Ho-Onkai*, **1**: 70-83.
- 山崎直方, 1925. 関東地震の地形学的考察. 震災予防調査会報告, **100** (乙): 11-54+ 図版 24.