

神奈川県立博物館
研究報告
自然科学39号

神奈川県立 生命の星・地球博物館

平成22年3月

目 次

地球科学

- 新井田秀一：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.....1
平田大二・斎藤靖二・永幡寛三・寺島靖夫・岡田嘉夫・加藤 昭：
神奈川県山北町人遠の神縄逆断層破碎帯中の赤鉄鉱－石英岩中の海緑石21

動物学

- 荏部治紀・守屋博文・林 文男：神奈川県を中心としたカワトンボ属の分布.....25
高桑正敏・藤田 宏：屋久島高地帯花之江河における昆虫類調査.....35

博物館学

- 広谷浩子：博物館で人類進化を学ぶ－博物館の特性をいかした子ども向け学習プログラム
の作成・実践について－.....39
石浜佐栄子・大島光春・広谷浩子・田口公則：塗り絵をコミュニケーションツールに使った
子どものための展示について－2009 年度特別展における「ぬりえ de おめん」コーナー
の実施報告－.....45

CONTENTS

Earth Science

- Shuichi NIIDA: Landform analysis on the Digital Elevation Model using low- to high-resolution
Remote Sensing Data1
Daiji HIRATA, Yasuji SAITO, Hiromi NAGAHATA, Yasuo TERASHIMA, Yoshio OKADA & Akira KATO:
Glaucinite in Hematite-Quartz Rock in the Fault Crush Zone of Kannawa Reverse Fault at Hitotoo,
Yamakita-machi, Kanagawa Prefecture, Japan21

Zoology

- Haruki KARUBE, Hirofumi MORIYA & Humio HAYASHI: Distribution of calopterygid damselfly
of the genus *Mnais* in Kanagawa Prefecture and its adjacent areas, central Japan25
Masatoshi TAKAKUWA & Hiroshi FUJITA: Spring Research on Insect Fauna near Hananoego of
the Montane Zone of Yaku-shima Island, Southwest Japan35

Museology

- Hiroko KUDO-HIROTANI: Museum Educational Program for Schoolchildren: Human Origins and Evolution39
Saeko ISHIHAMA, Mitsuharu OSHIMA, Hiroko KUDO-HIROTANI & Kiminori TAGUCHI:
A Museum-exhibit Communication Tool for Schoolchildren: Coloring of Animal Mask45

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

Landform Analysis on the Digital Elevation Model Using Low- to High-resolution Remote Sensing Data

新井田 秀一¹⁾

Shuichi NIIDA¹⁾

Abstract. Landform analyses using various-sized DEMs (digital elevation models) were compared with slope distribution and topographic maps. Even though using low-resolution data, it is possible to recognize macromorphological features such as major tectonic lines and older geologic terranes of Northeast Japan. On the other hand, higher-resolution data are necessary for analysis of small-scale and/or minor landforms such as erosion pattern shown by valley spacing, lineament related to fault scarp, terrace scarp, etc. Landform analyses using DEMs are useful for understanding relation between morphological and geological developments.

Key words: DEM, slope map, landform analysis, resolution

はじめに

数値標高モデル (Digital Elevation Model ; DEM) は、ある格子点間隔 (メッシュ) ごとの標高値をデジタル化したものである。

地球全域をカバーする DEM は、緯度経度ともに 5 分間隔で標高値を整備した 5-Minute Gridded Global Relief Data Collection (ETOPO 5) が、1988 年にアメリカ海洋大気庁 (NOAA) の環境衛星データ・情報局 (NESDIS) から公開された。このメッシュサイズは、日本周辺では約 9 km に相当する。2001 年には、Global Gridded 2-minute Database (ETOPO 2) が公開された。これは、緯度経度 2 分間隔で、日本周辺では約 4 km メッシュにあたる。最新のものとして 2009 年に 1 Arc-Minute Global Relief Model (ETOPO 1) が公開された。このデータは、緯度経度 1 分間隔で、日本周辺では約 2 km メッシュになる。これらの DEM は、陸上から海洋底までを含んでいるのが特徴である。

日本国内をカバーした DEM は、国土地理院の「数値地図 (標高)」である。水平距離約 250 m 間隔 (経度 11.25 秒×緯度 7.5 秒) の「数値地図 250 m メッシュ (標高)」(250m DEM と表す)、約 50 m 間隔 (経度 2.25 秒×緯度 1.5 秒) の「数値地図 50 m メッシュ (標高)」(50 m DEM と表す) である。また、250m DEM から生

成した約 1 km 間隔 (経度 45 秒×緯度 30 秒) の「数値地図 1 km メッシュ (標高)」(1km DEM と表す) と、1 km メッシュに含まれる 250m DEM の標高を平均した「数値地図 1 km メッシュ (平均標高)」がある。

2000 年に北海道地図 (株) から発売された GISMAP Terrain は、2 万 5 千分の 1 地形図から生成した 10 m 間隔の等高線から、約 10 m 間隔 (経度 0.45 秒×緯度 0.30 秒) の標高値を読み取ったものである (GISMAP-10 m と表す)。

地形図をベースにした最新のものは、2008 年に公開された約 10 m 間隔 (経度緯度 0.4 秒) の「基盤地図情報 (数値標高モデル) 10 m メッシュ (標高)」(10m DEM と表す) である。また、写真測量や航空機レーザ測量による高解像度な DEM として、経度緯度 0.2 秒間隔の「基盤地図情報 (数値標高モデル) 5 m メッシュ (標高)」(5m DEM と表す) が、整備の完了したエリアから順次公開されている。

衛星画像を利用したものとしては、地球観測衛星 Terra/ASTER の観測データから生成した 30 m メッシュ (経度緯度 1 秒) の DEM、ASTER 全球 3 次元地形データ (ASTER G-DEM、G-DEM30m) が、2009 年度から公開されている。2008 年 8 月までに観測されたデータを用いて立体視観測を行い、北緯 83 度から南緯 83 度までのほぼ地球全域の陸域をカバーしている。

このように整備された DEM を使った地形解析は、野上 (1985) が 250m DEM による処理システムの概要をまとめている。小竹 (1989) では活断層の抽出、吉山 (1990) では水路網の算出が行われている。

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. 研究に用いた DEM 一覧.

名称	発行機関	発行年	メッシュ間隔 (経度/緯度)	データ紹介ホームページ	作成方法
5-Minute Gridded Global Relief Data Collection (ETOPO5)	NOAA NGDC	1988年	5分	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/93mgg01.html	衛星観測データより生成
数値地図1kmメッシュ(標高)	国土地理院	1993年	45秒/30秒		2万5千分の1地形図から読み取り
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地形図から読み取り
数値地図50mメッシュ(標高)	国土地理院	1993年	2.25秒/1.5秒	http://www.gsi.go.jp/geoinfo/dmap/dem50m-index.html	2万5千分の1地形図から読み取り
GISMAP Terrain	北海道地図(株)	2000年	0.45秒/0.30秒	http://www.hcc.co.jp/work/gismap/youtobetsu/terrain.html	2万5千分の1地形図から読み取り
Global Gridded 2-minute Database (ETOPO2)	NOAA NGDC	2001年	2分	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/2minrelief.html	衛星観測データより生成
ASTER Global DEM (ASTER G-DEM)	経済産業省 およびNASA	2009年	1秒	http://www.ersdac.or.jp/GDEM/J/index.html	地球観測衛星ASTERデータより生成
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	0.4秒	http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html	2万5千分の1地形図から読み取り
基盤地図情報(数値標高モデル)5mメッシュ	国土地理院	2008年	0.2秒	http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html	写真測量 航空機レーザー測量
1 Arc-Minute Global Relief Model (ETOPO1)	NOAA NGDC	2009年	1分	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html	衛星観測データより生成

50m DEM については、神谷ほか (1999) が日本全国の傾斜量図を作成している。傾斜は、地形を分類し、地形をもとに構成地質を推定するための最も重要な地形量である (鈴木, 1997)。また、太田・八戸 (2006) は、傾斜の大きさ、すなわち傾斜量を局所地形量のひとつとして定義している。この傾斜量を用いて、神谷ほか (2000) では、河岸段丘、火山、地すべり地形、構造線・断層、岩石の種類まで判別を試みている。

丘陵地や低山の解析については、50m DEM では解像度が不十分である (高橋ほか, 2003)。斜面崩壊地について太田 (2006) は崩壊斜面の微地形の抽出は難しいとしている。変動地形については宇根・小室 (2000) が空中写真から生成した 5 m メッシュ DEM を用いて信濃川中・下流域について検討している。

このように、DEM のメッシュ間隔つまり解像度は、判読できる地形の種類や大きさに影響を与えている。日本全国をカバーする DEM が入手できる現在、解像度の異なる DEM についてそれぞれの特徴を明らかにするため、傾斜量図を用いた地形判読によって比較検討した。

傾斜量の計測方法

傾斜量の計算は、神谷ほか (2000) に基づく。作図にあたっては Generic Mapping Tools (GMT : <http://gmt.soest.hawaii.edu/>) Ver.4.5.1 を用いた。

傾斜量図からの地形の判読については神谷ほか (2000) に従い、判読のキーとして、「明るさ」、「一様性」、「線間隔」、「鮮明さ」、「方向性」の 5 つを組み合わせながら行った。

使用した DEM

今回の研究に用いた DEM は、表 1 のとおりである。ETOPO5、2、1 のように地球全域を整備している DEM は、日本全域を検討するため、東経 122 度から 154 度、北緯 20 度から 50 度の範囲について抜き出したファイルを作成した。

1km DEM、250m DEM、50m DEM については旧測地系 (日本測地系) から新測地系 (世界測地系) への変換

を行った。1km DEM および 250m DEM は 1 次メッシュ (経度 1 度×緯度 40 分 : 20 万分の 1 地勢図 1 枚分) 単位でファイルが作られているため、東経 122 度から 154 度、北緯 24 度から 46 度の各ファイルを結合した。50m DEM、10m DEM、GISMAP-10m は 2 次メッシュ (経度 7 分 30 秒×緯度 5 分 : 2 万 5 千分の 1 地形図 1 枚分) 単位、5m DEM は 3 次メッシュ (経度 45 秒×緯度 30 秒) 単位となっているので、神奈川県を含む東経 138 度 52 分 30 秒から 139 度 52 分 30 秒、北緯 35 度 05 分から 35 度 45 分の各ファイルを結合した。

G-DEM30 m についても、公開データが緯度経度 1 度単位となっているため、東経 138 度から 140 度、北緯 34 度から 36 度の各ファイルを結合した。

メッシュサイズと判読できる地形サイズ

吉川ほか (1973) によれば、地形は縮尺と等高線間隔によって、大・中・小・微の 4 段階に分けて考えることができる。1000 万分の 1 から 200 万分の 1 の縮尺で等高線が 200 m より広い間隔で表現される地形を「大地形」、縮尺 100 万分の 1 から 20 万分の 1 で等高線 100 m 間隔を「中地形」、縮尺 5 万分の 1 から 1 万分の 1 で等高線が 5 から 20 m 間隔を「小地形」、5000 分の 1 以上で 0.2 m、0.5 m、1 m 間隔を「微地形」と区分している。また、鈴木 (1997) は、以下のようなスケールによる区分をしている。海溝、大陸棚、大山脈など 1000 から 100 km スケールのものを「大」、山地や丘陵、段丘などは 10 km から 100 km スケールとして「中」、成層火山やカルデラ、断層角盆地など 1 km から 10 km スケールを「小」、溶岩円頂丘など 100 m から 1 km スケールを「微」、溶岩堤防や流路など 10 m から 100 m スケールを「極微」としている。

具体的な例としては、「大地形」として奥羽山脈のような脊梁山脈や、糸魚川静岡構造線や中央構造線のように日本を縦横断するような構造線が相当する。「中地形」としては、北上山地や関東平野といった山地や平野など、「小地形」としては関東平野における多摩丘陵、房総丘陵や箱根火山などが上げられる。「微地形」としては、上記の地形を刻む谷など詳細な構造になる。

1. 大地形（日本列島）

大地形について検討するため、日本全体の傾斜量図を作成した。範囲は、北方領土から九州までの東経 131 度 30 分から 147 度 30 分、北緯 28 度から 48 度である。この範囲における ETOPO 5、2、1 および 1km DEM、250m DEM による図を図 1 から図 5 に示す。

平野から山地への地形の変化は、傾斜の変化として白黒の濃淡によって表わされる。特に傾斜が急変しているところでは、濃淡も急激に変化する。ETOPO 5 からは、日高山脈、奥羽山脈、越後山脈、関東山地、赤石山脈、木曾山脈、飛騨山脈が急激な濃淡の変化によって、つまり傾斜によって判読できる（図 1）。海底地形については、千島海溝、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、熊野トラフ、四国海盆、大和堆、日本海盆、大和海盆、対馬海盆などが判読できる。日本海溝と奥羽山脈が平行に存在していることがわかる。

ETOPO 2 では、前述の地形がよりはっきりするだけでなく、紀伊山地や四国山地、九州山地を読み取ることができる（図 2）。海底地形は、西七島海嶺や銭洲海嶺などに存在する海山の輪郭がはっきりとしてくる。

ETOPO 1 では、糸魚川静岡構造線や中央構造線が判読できるだけでなく、鈴鹿山脈、生駒山地、和泉山脈など近畿三角帯の地形も判読できる（図 3）。海底地形についても、海溝斜面にあるテラス状の地形や、潮岬沖の潮岬海底谷など 10 km に満たない幅の地形が判読できる。

1km DEM および 250m DEM では、東北日本において奥羽山脈のような急傾斜の山脈と阿武隈山地のような傾斜の緩い山地の比較が容易になる（図 4、図 5）。これより詳細な DEM については、海底部の水深データが DEM に記録されていないため、傾斜量を計算できない。

日本列島の傾斜量図では、ETOPO 5 から 1 では、傾斜量の表現にタイルパターンが目立つが、1km DEM や 250m DEM では滑らかであり、あまり差が見えない。そこで、本州中央部のフォッサマグナ周辺を拡大して比較する。東経 136 度 40 分から 141 度 05 分、北緯 34 度 34 分から 37 度 20 分の範囲について、1km DEM による傾斜量図を図 6、250m DEM によるものを図 7 に示す。この範囲において 1km DEM は、タイルパターンが多少目立つ。そのため、細かい山ひだを判読することはできないが、数十キロ連続する構造線や河川については大まかに判読できる（図 6）。250m DEM では、赤石山脈、木曾山脈、飛騨山脈など急傾斜の場所が多い場所や、糸魚川静岡構造線、中央構造線、棚倉構造線などがきれいに判読できる（図 7）。関東地方では「中地形」である関東山地、越後山地、足尾山地、三国山脈や関東平野だけではなく、鬼怒川低地、常総台地、両総台地、房総丘陵などの「小地形」といえる台地や丘陵の地形が判読できる。特に、房総丘陵では 1km DEM より 250m DEM のほうが、下総台地の南東端の傾斜の急変を判読することができる。

DEM の解像度ごとに判読できた地形とその水平スケールについて、表 2 にまとめる。キロメートル単位での

表 2. メッシュサイズごとに判読された地形。

DEM名	日 本 全 体	本州中央部	判読できる 水平スケール
ETOPO5	大きな地形構造が からうじて見える		50km以上
ETOPO2	大地形境界が判読できる		20km以上
ETOPO1	糸魚川静岡構造線や中央構造線が おおまかに判読できる		10km以上
1km DEM	構造線類がかなり判読できる	山ひだは判読できない 構造線のつながりは判読できる	5km以上
250m DEM		丘陵・台地の輪郭が分かる 構造線・活断層の判読ができる	1km以上

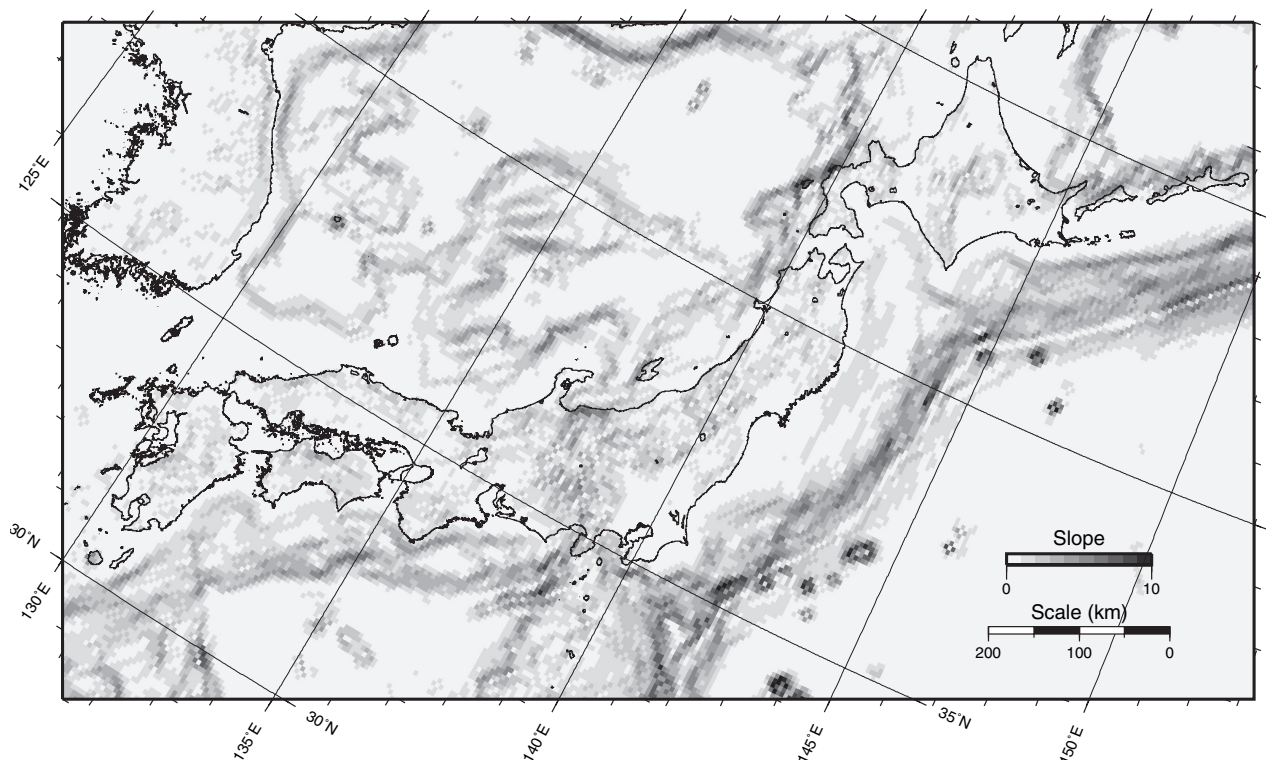


図 1. ETOPO 5 による日本の傾斜量図。

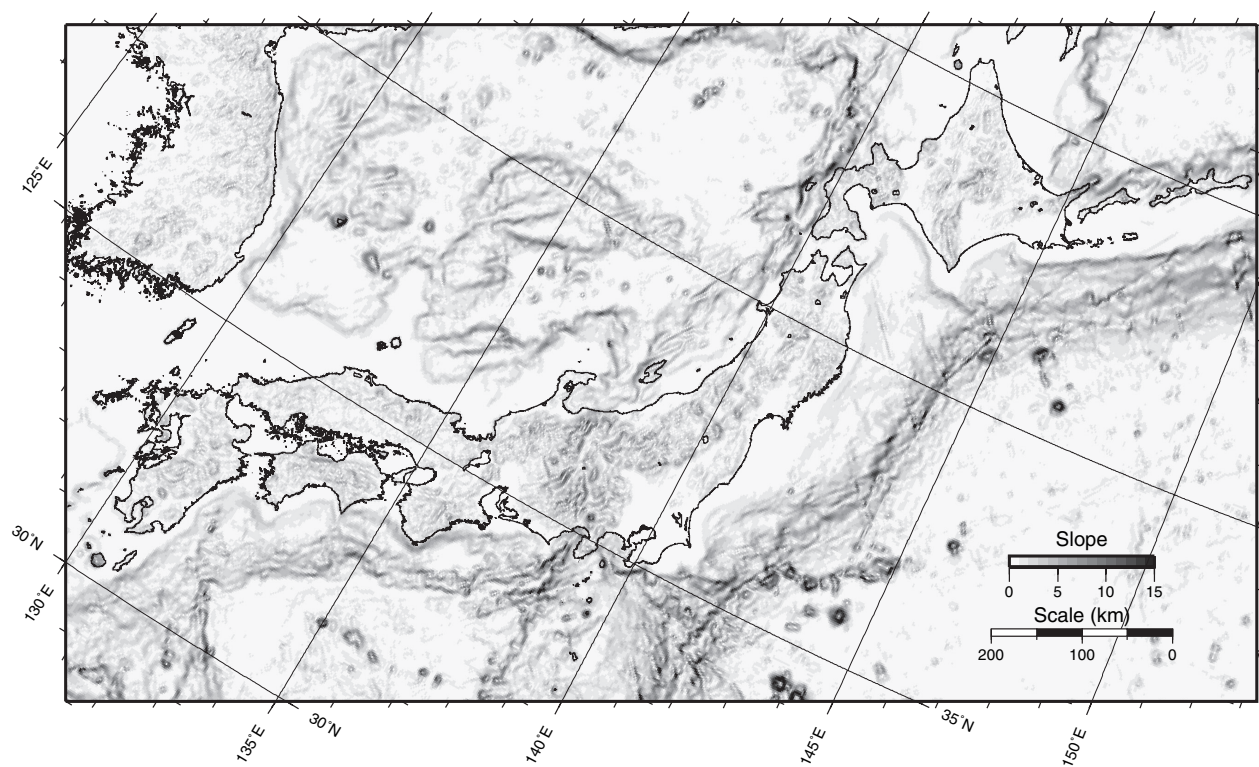


図 2. ETOPO 2 による日本の傾斜量図.

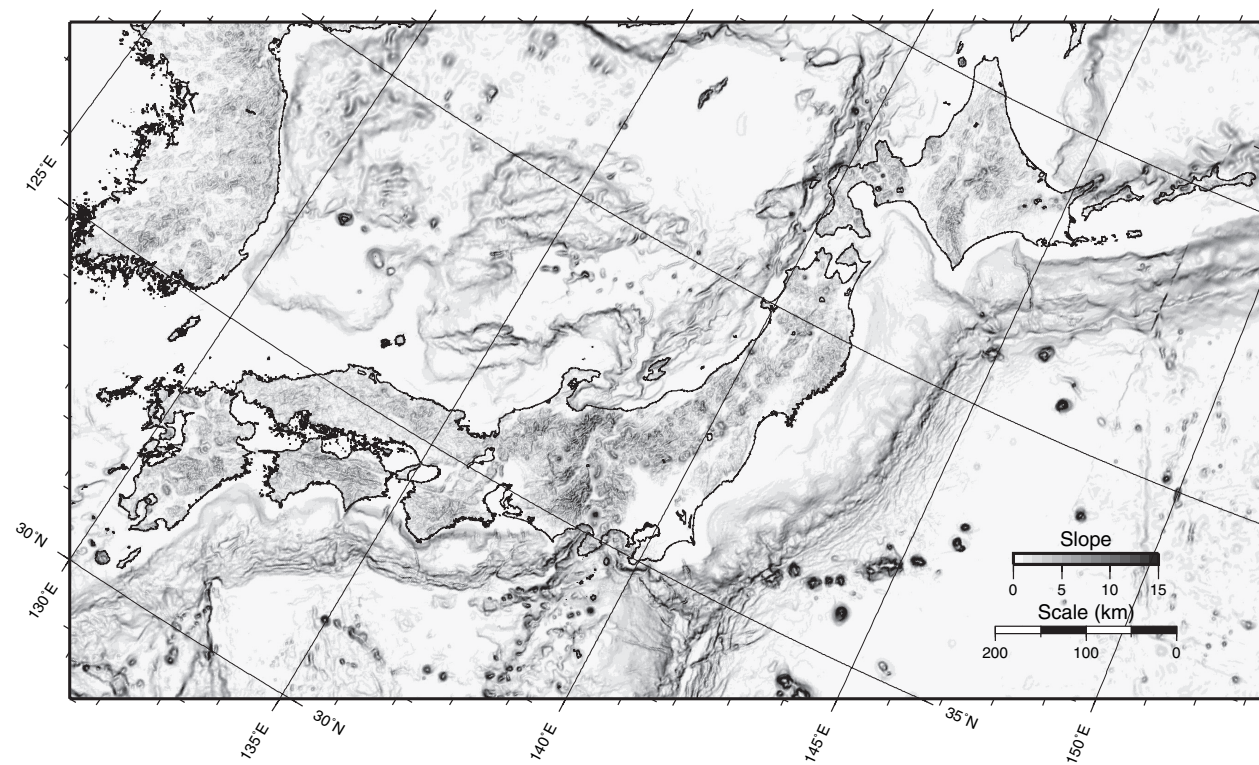


図 3. ETOPO 1 による日本の傾斜量図.

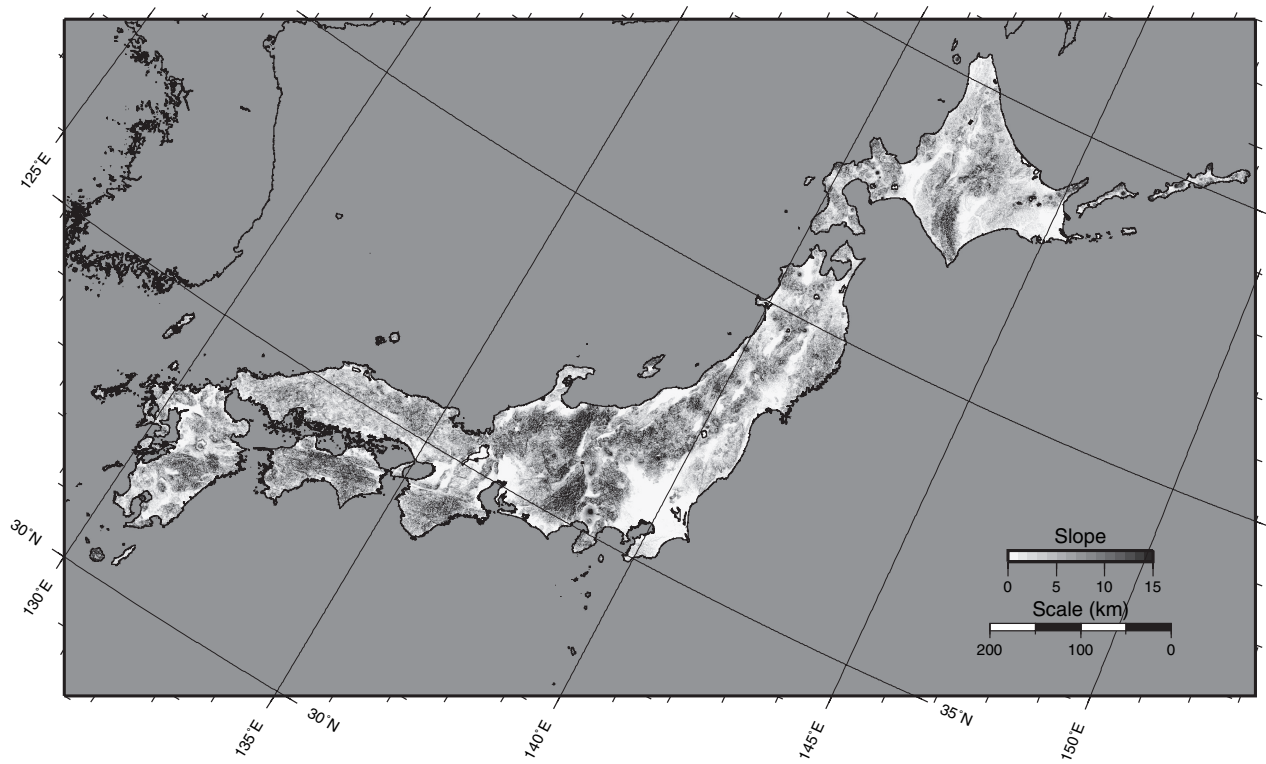


図 4. 1km DEM による日本の傾斜量図.

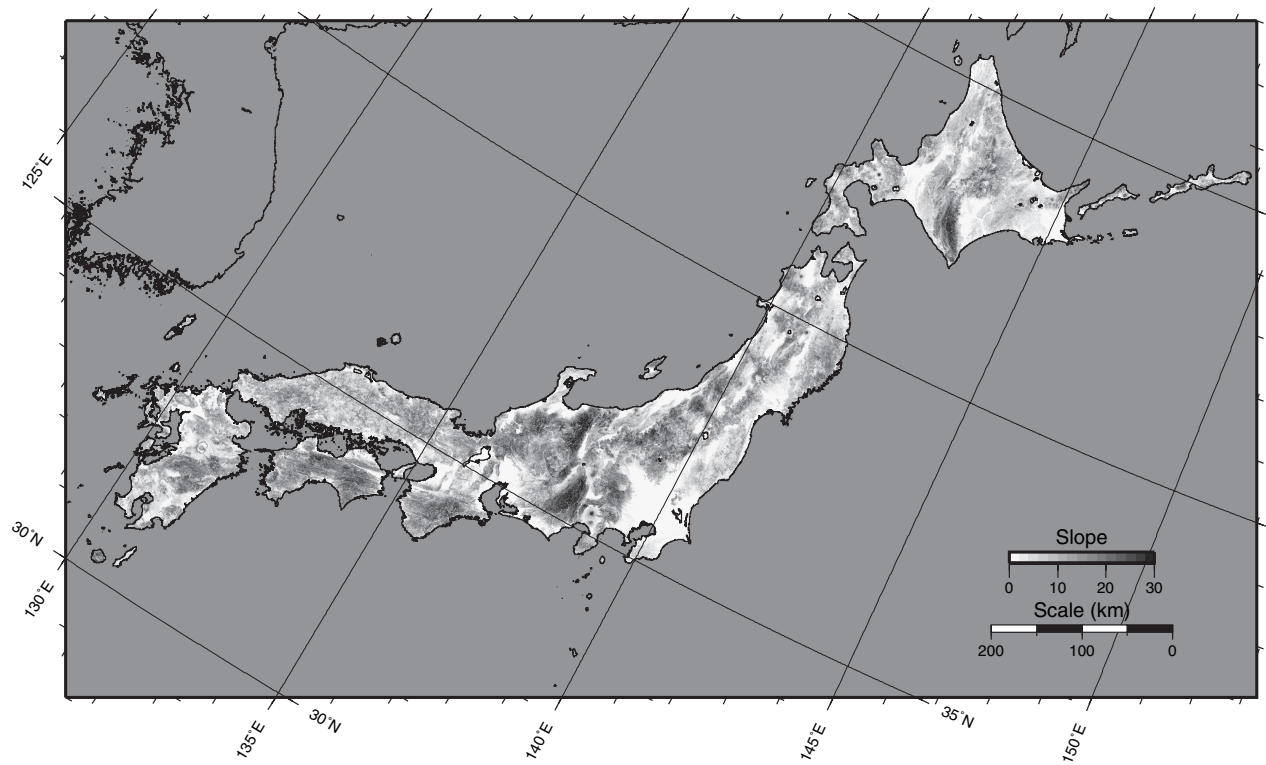


図 5. 250m DEM による日本の傾斜量図.

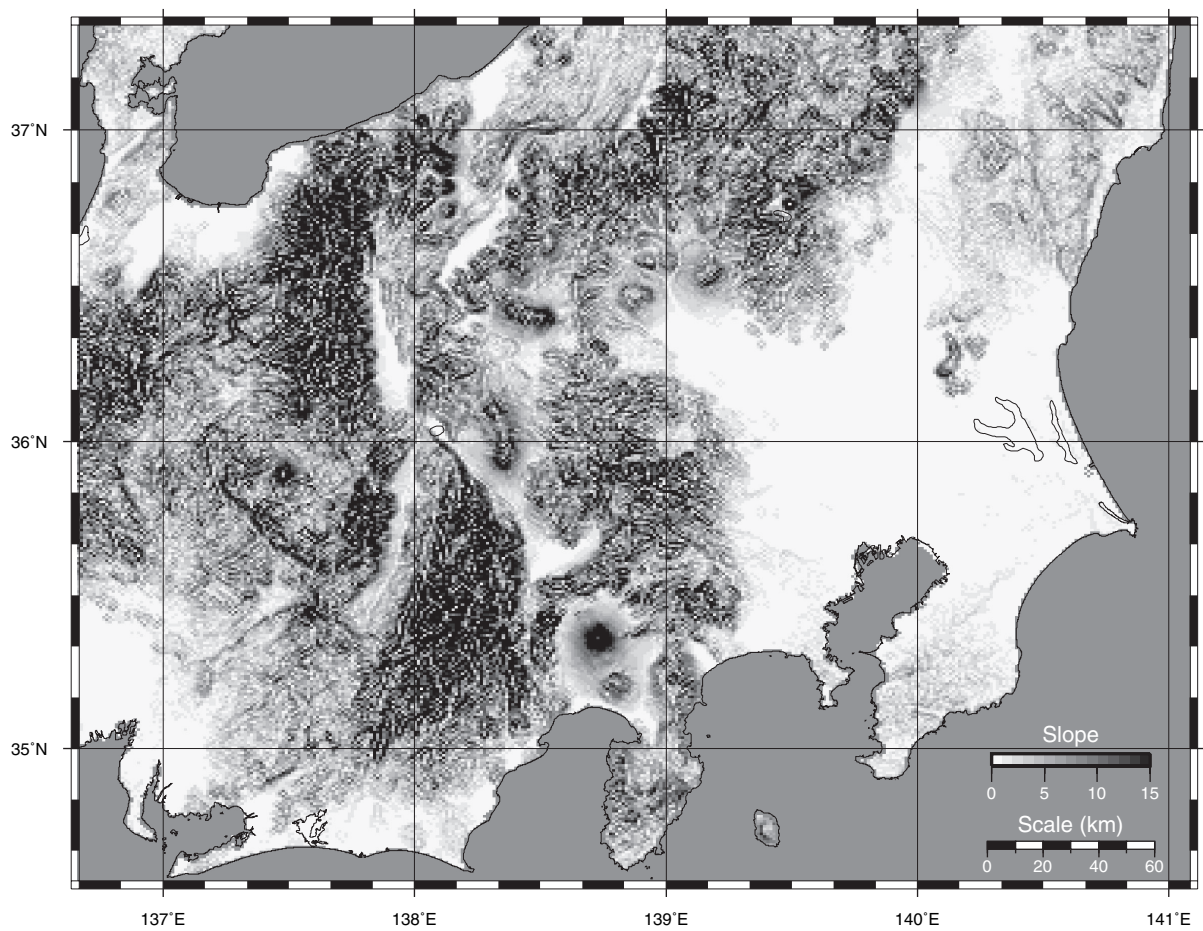


図 6. 1km DEM による本州中央部の傾斜量図.

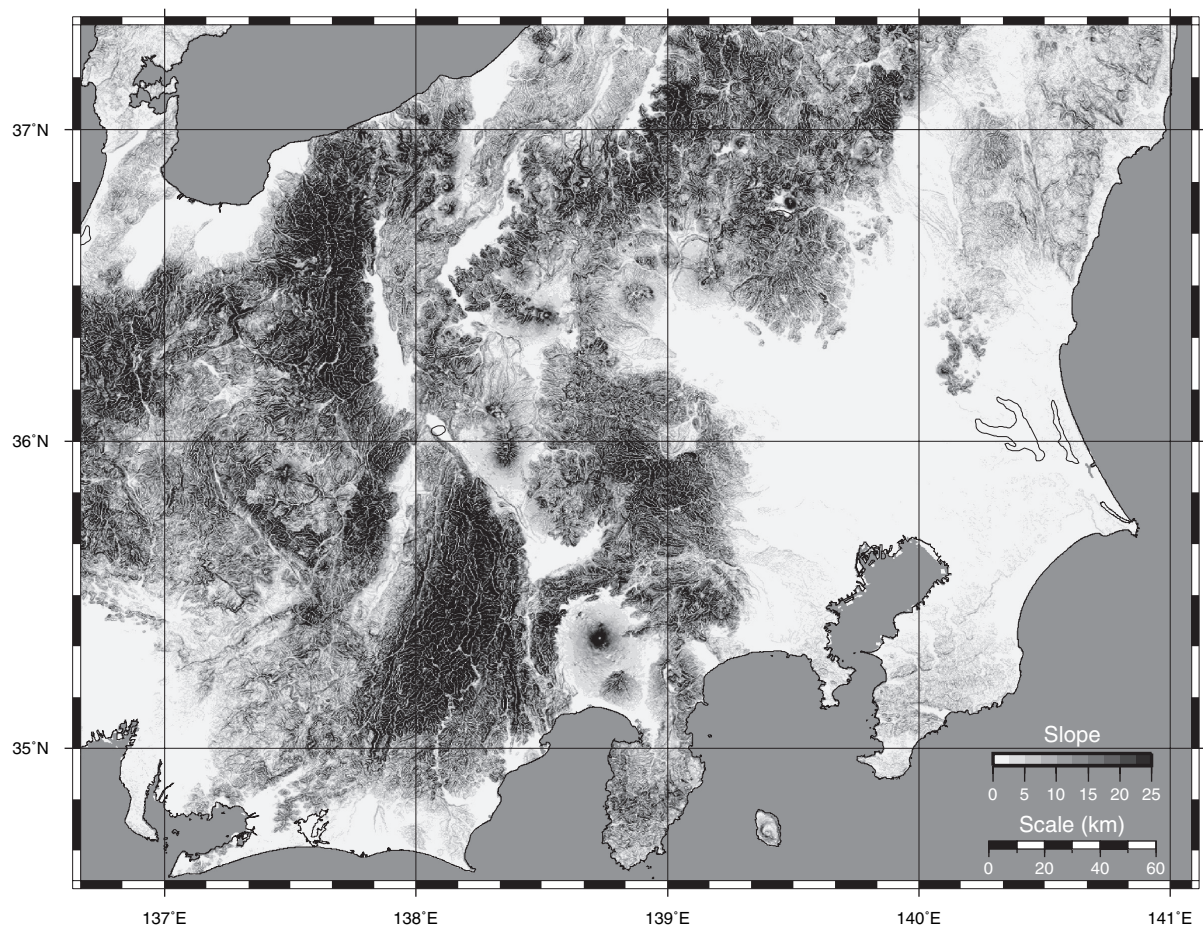


図 7. 250m DEM による本州中央部の傾斜量図.

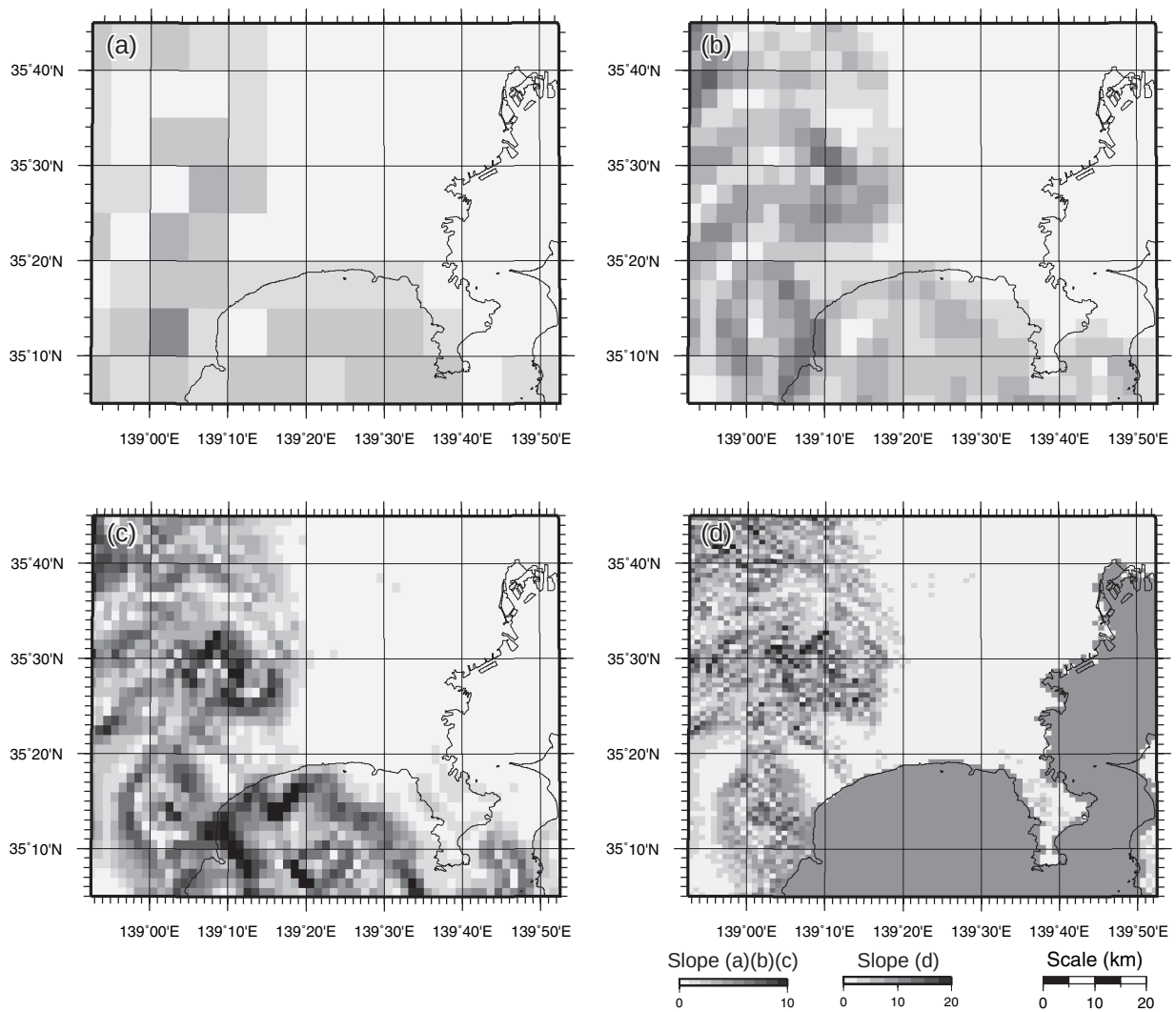


図 8. 神奈川県傾斜量図.

(a) : ETOPO 5, (b) : ETOPO 2, (c) : ETOPO 1, (d) : 1km DEM

メッシュサイズの DEM は、そのメッシュサイズに応じたスケールの地形を判読することができることが確認できた。

2. 中地形（神奈川県周辺）

250m DEM については主に「中地形」を判読することができた。「小地形」の判読のため、神奈川県周辺（東西 50 km 程度）の範囲に絞った。東経 138 度 52 分 30 秒から 139 度 52 分 30 秒、北緯 35 度 05 分から 35 度 45 分について、ETOPO 5、2、1 および 1km DEM による傾斜量図を図 8 に示す。250m DEM、50m DEM、G-DEM30 m、10m DEM、GISMAP-10 m、5m DEM による傾斜量図は図 9 から図 14 に示す。

神奈川県の地形は大きくは、関東山地や丹沢山地、箱根火山などの起伏のある東部の山岳部と、相模平野、相模野台地、多摩丘陵などがある西部の平野部に分けられる。ETOPO 5 からは、関東山地、丹沢山地、箱根火山を非常に大まかに判読できる（図 8 a）。ETOPO 2 では、蛭ヶ岳および丹沢山の北東斜面を急傾斜として判読できる（図 8 b）。また、箱根火山では明神ヶ岳東斜面は一様に連続しているために傾斜を表現し、さらにカルデラのように中央部に緩傾斜として白く抜くように表現しているが、中央火口丘まで表していない。ETOPO 1 で中央火口

丘が見えてくる。丹沢山地では蛭ヶ岳北東部や丹沢山東部、檜洞丸北東部および南西部、大山南部および北東部、塔ヶ岳南部の斜面を急傾斜としている（図 8 c）。また、大磯丘陵南西斜面や三浦半島の丘陵部も区分される。このように、ある程度大きなメッシュサイズでは、ある程度連続した斜面を持つ地形でないと、判読できない。

1km DEM では、大山、丹沢山など丹沢山地においては大きな山体が判読できる。また、丹沢山地内での相模川や道志川は、周囲より明るい色として線状に表される（図 8 d）。

250m DEM では丹沢山地や箱根火山において、山々のつながる様子が刻まれた谷とともに区分できる（図 9）。20 万分の 1 地勢図と比較したところ、山間部においては地勢図に河川として描かれているものについては、谷として判読できる。また、多摩丘陵などの丘陵地は、その端部を線状に読み取ることができる。

50m DEM では、神奈川県内の地形の様子を「小地形」のレベルまで判読することができる（図 10）。丹沢山地など山岳部では、山体を細かく刻む河川による谷や、山地を縦断する構造線が判読できる。三浦半島や大磯丘陵、多摩丘陵などの丘陵地は、その端部の起伏を判読できる。相模原台地では、段丘崖だけではなく、座間丘陵や高座

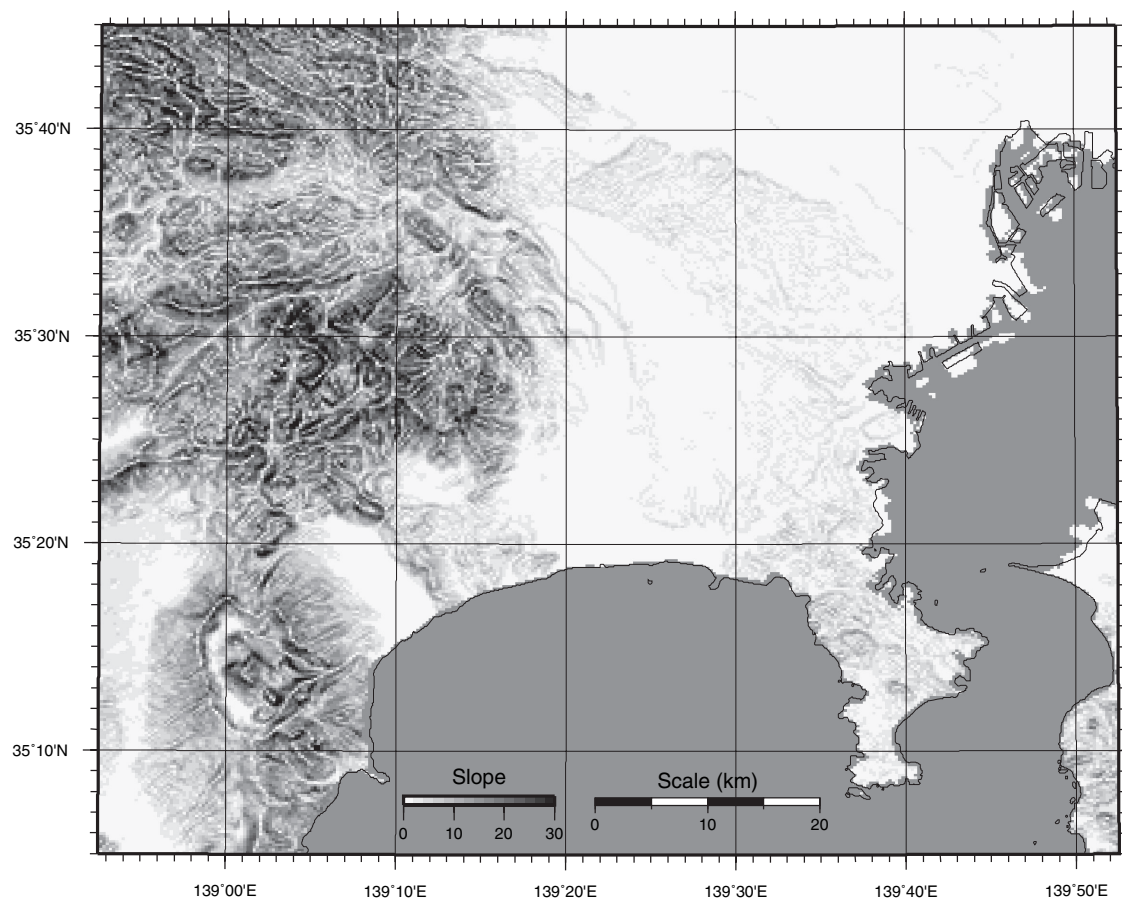


図 9. 250m DEM による神奈川県傾斜量図.

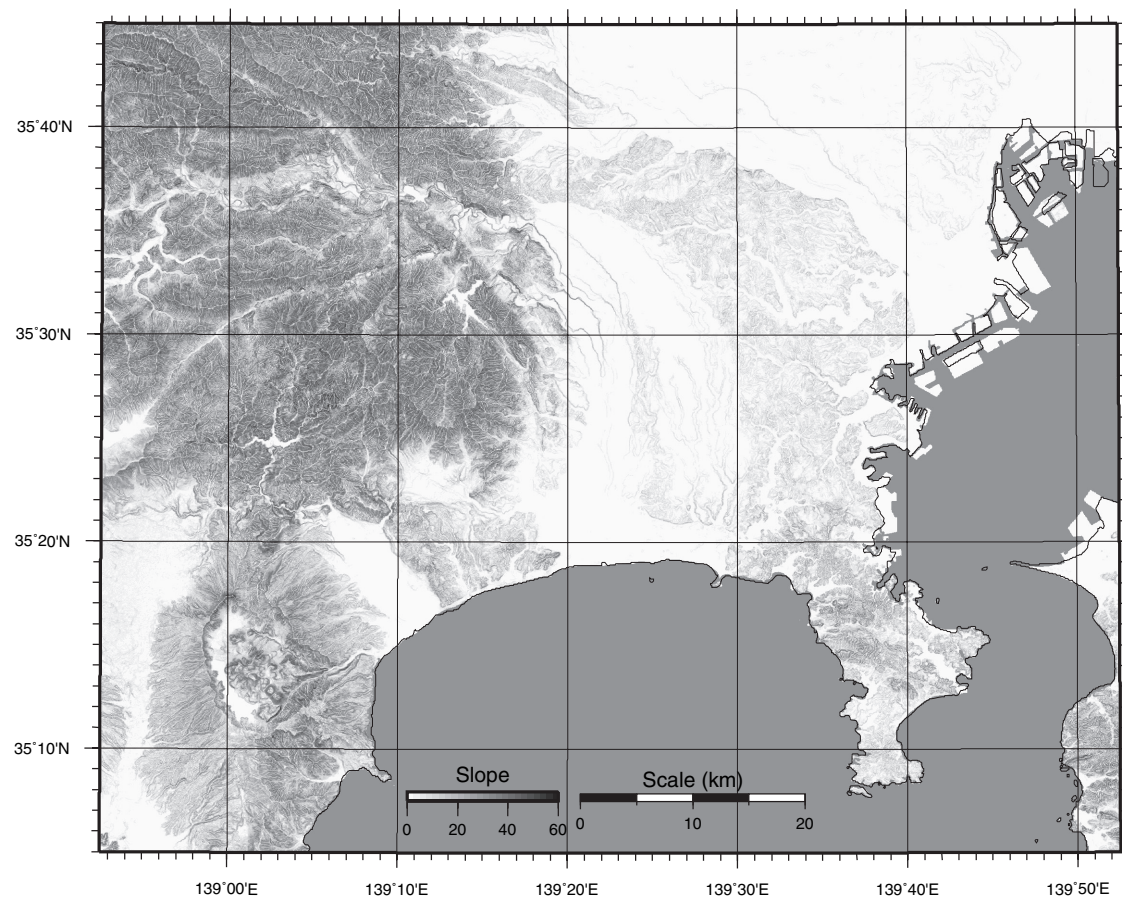


図 10. 50m DEM による神奈川県傾斜量図.

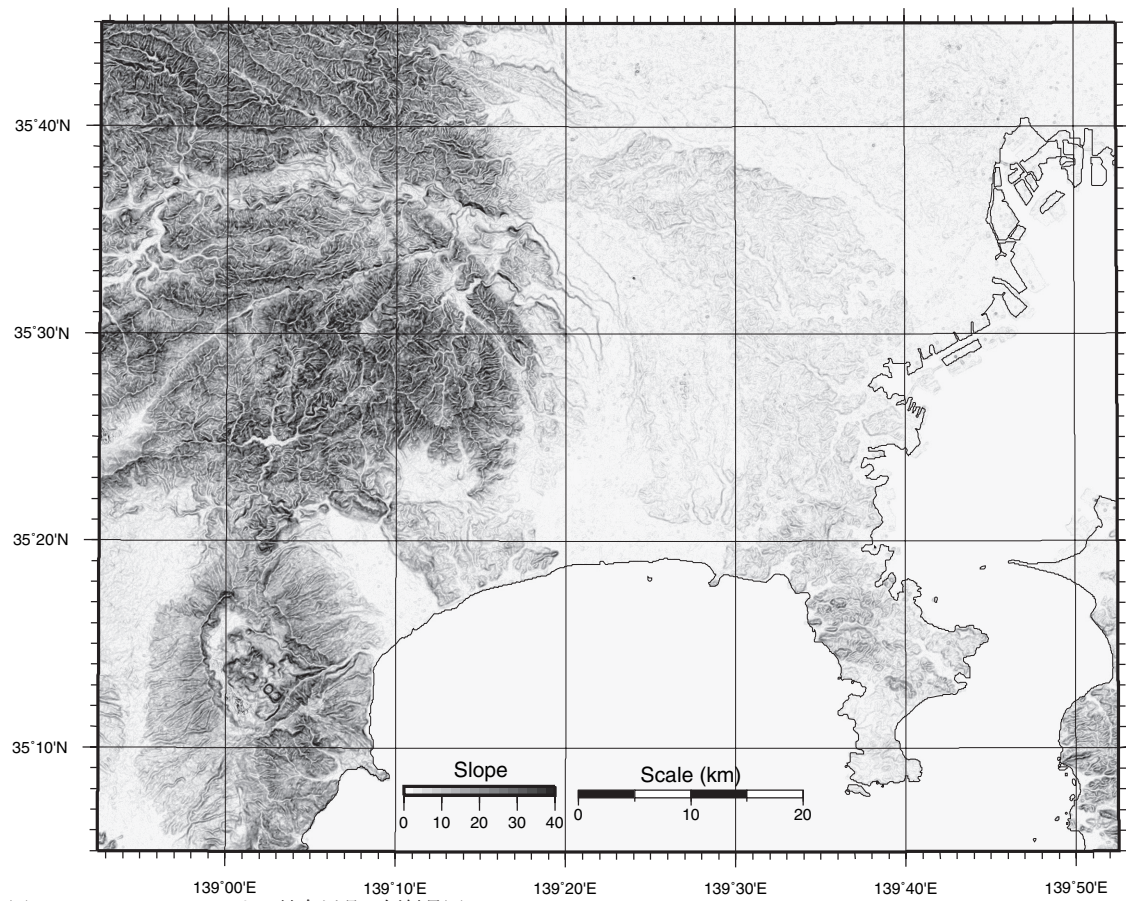


図 11. ASTER G-DEM による神奈川県傾斜量図.

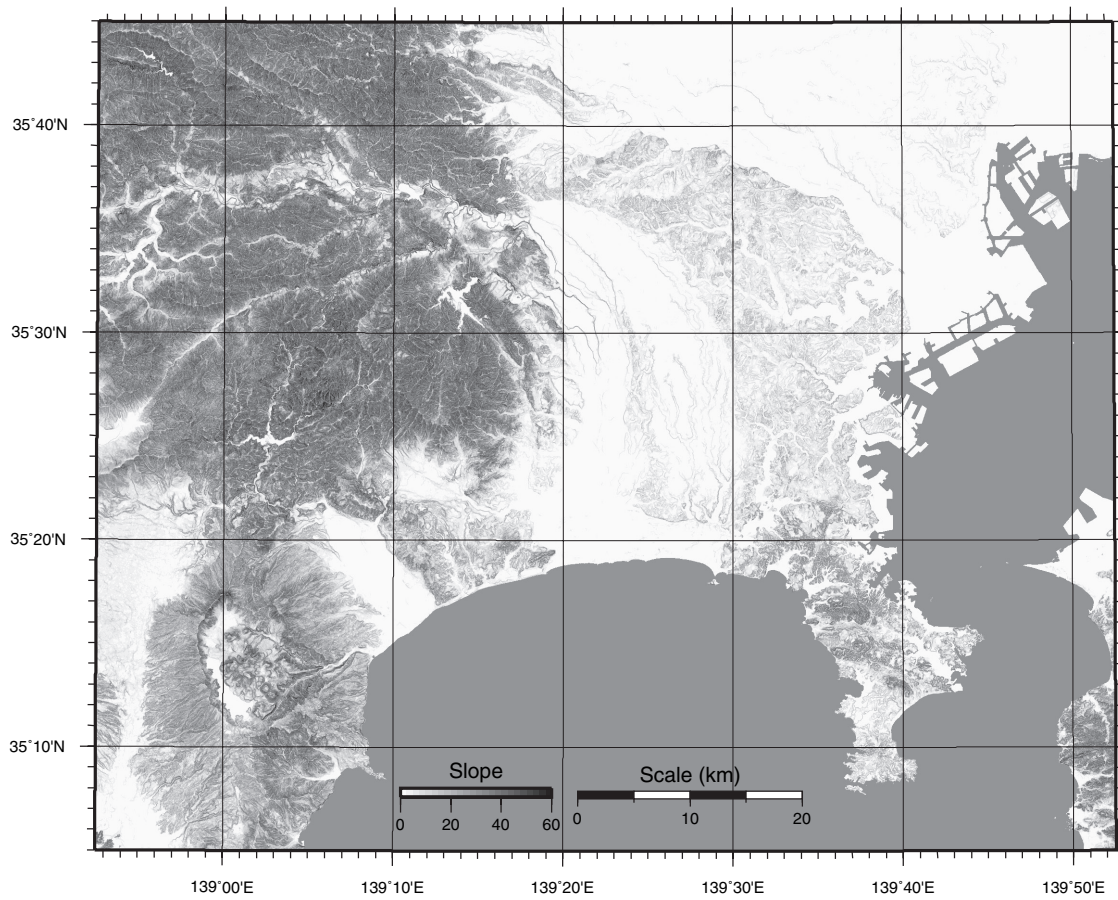


図 12. 10 m DEM による神奈川県傾斜量図.

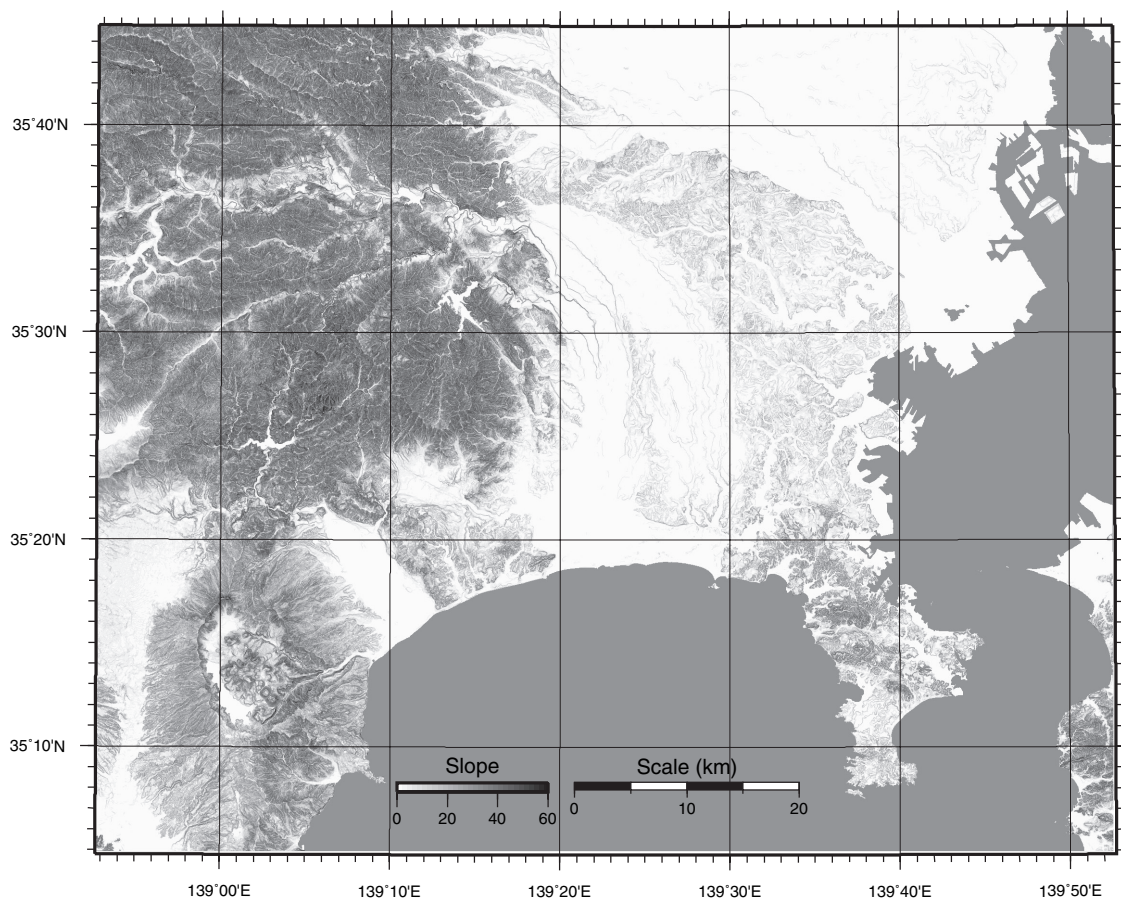


図 13. GISMAP-10 m による神奈川県傾斜量図.

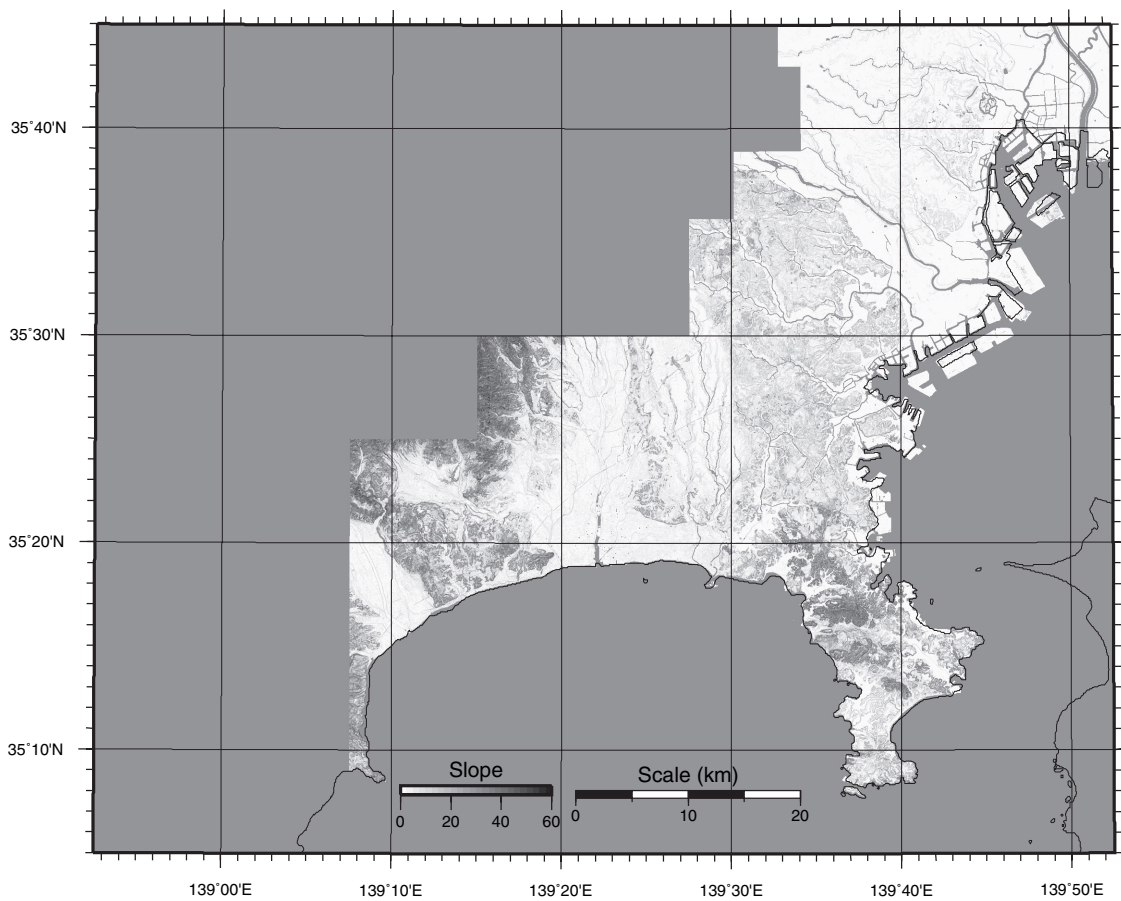


図 14. 5m DEM による神奈川県傾斜量図.

丘陵のような範囲の狭い丘陵も区分することができる。

G-DEM30 m は、データフォーマットの記述上の制限として、海面下の陸地を 0 m としているため、東京都江東区の 0 m 地帯は海水面のデータとなっている。50m DEM より解像度が高いはずだが、山地を刻む谷の幅が太く、地形の細部について 50m DEM より判読することができない (図 11)。これは、ASTER GDEM Validation Team (2009) によれば、実際の解像度は 100 から 120 m

であると推定されていることが原因である。

10m DEM は、この大きさでは 50m DEM との差がないようにも見える (図 12)。しかし、丹沢山地や三浦半島の急傾斜部分を比較すると、10m DEM のほうがより黒く見えるため、傾斜が大きいことが分かる。

GISMAP-10 m は、基本的に 10m DEM と同じである (図 13)。ただし、多摩川低地において、DEM の生成手法に起因すると考えられる海岸線の乱れなどの異常が認めら

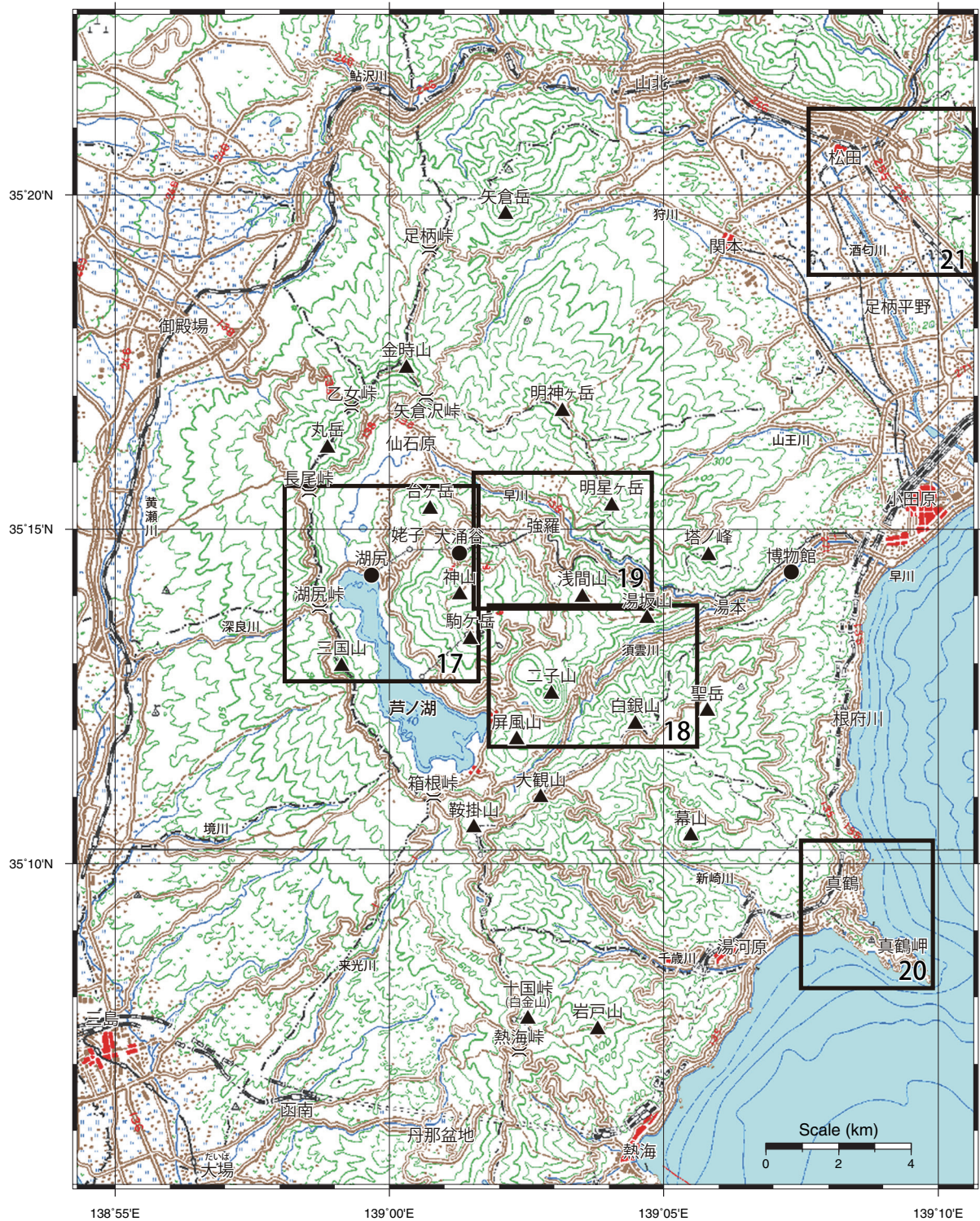


図 15. 箱根火山の地形図。

数値地図 200000 (地図画像) 東京、横須賀、甲府、静岡を合成し、地名注記を削除したものに、本文に出てくる地名を挿入。図 17 から 21 までの拡大図の位置を示す。

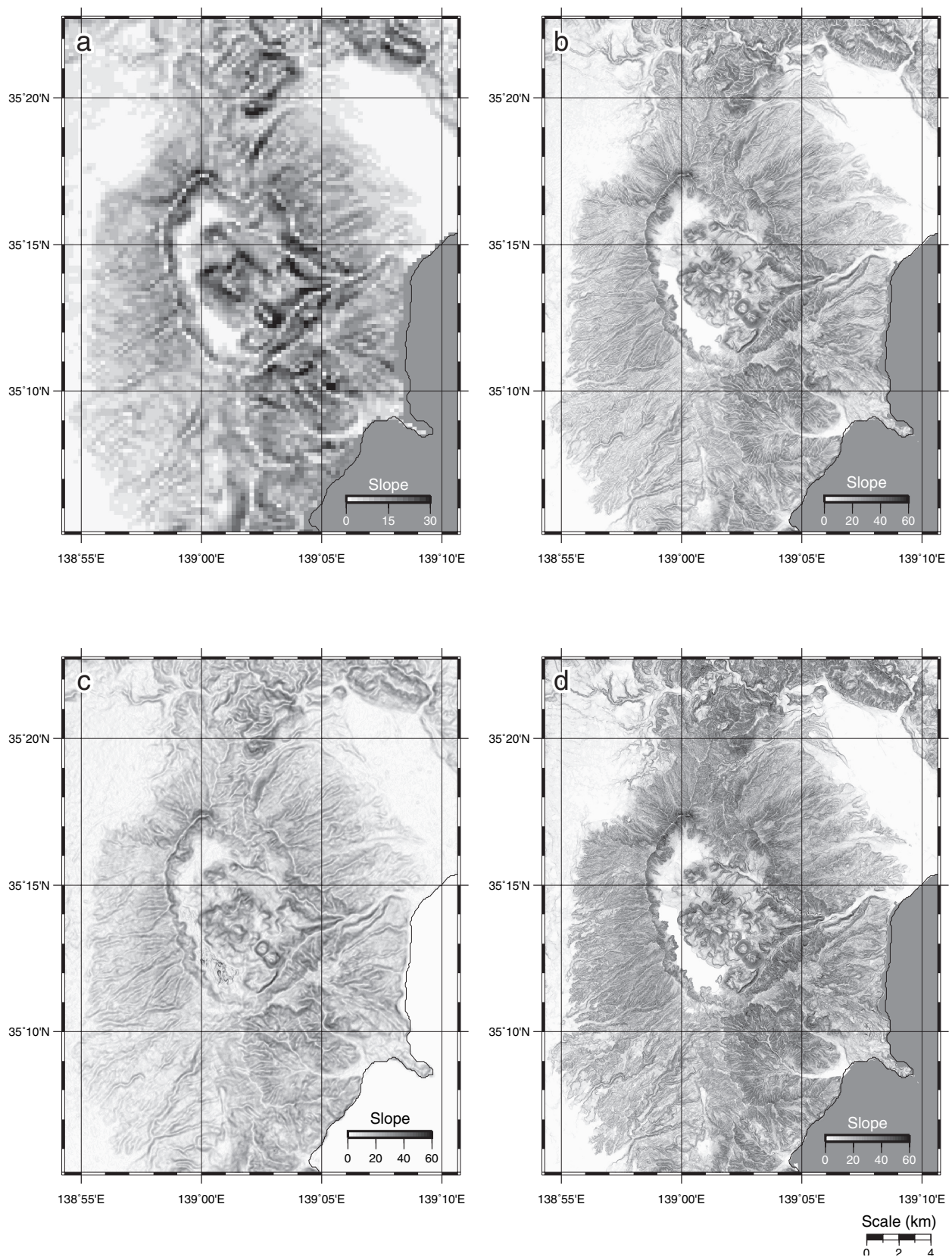


図 16 - 1. 箱根火山周辺の地形図.

a : 250 m DEM, b : 50 m DEM, c : G-DEM30 m , d : 10 m DEM

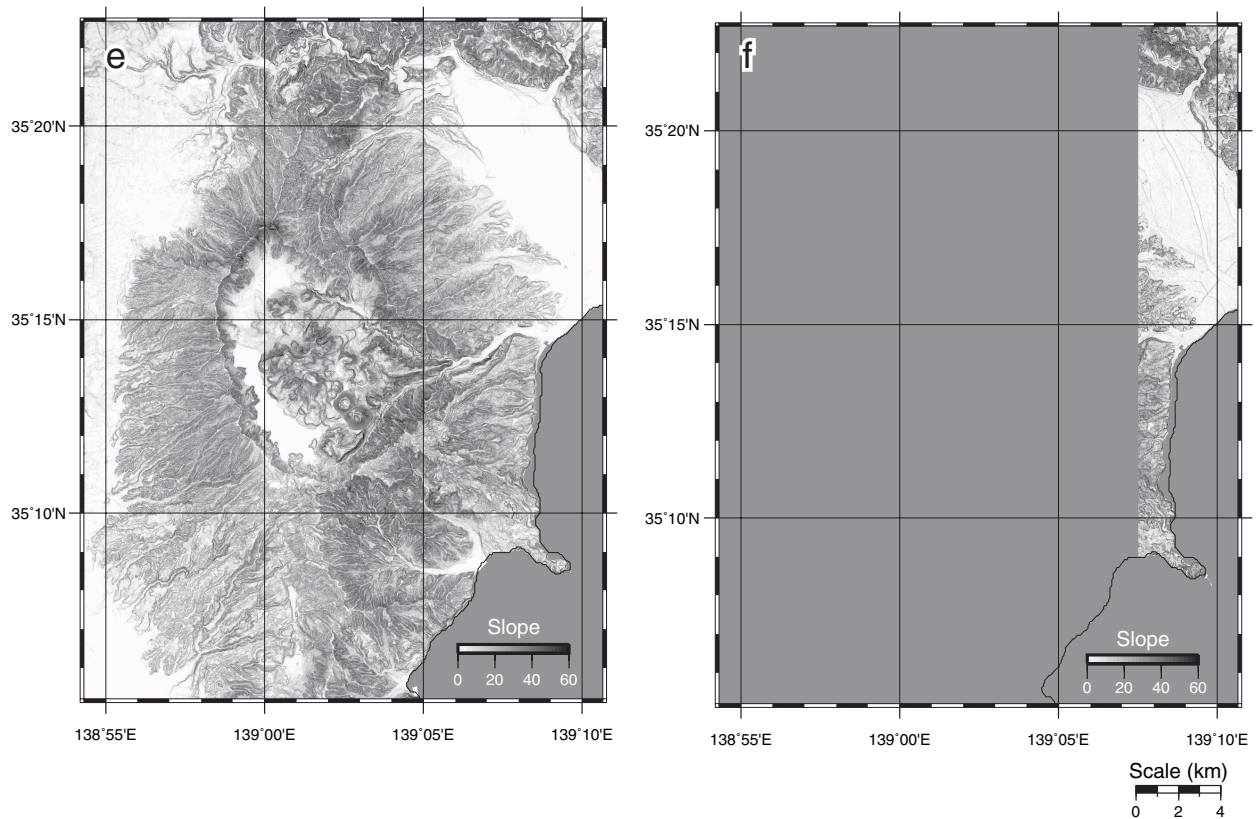


図 16 - 2. 箱根火山周辺の地形図。
e : GISPAP-10 m, f : 5m DEM

れる。また、G-DEM30 m と同じように、海面下の陸地を 0 m としているため、川崎市川崎区浜町周辺などの 0 m 地帯は海水面のデータとして扱われている。

5m DEM は、大磯丘陵以東の平野や丘陵地形について、丘陵の先端部の急傾斜を 10m DEM などよりも色濃く表現している (図 14)。箱根火山や丹沢山地など山岳部については、データが公開されていない (2009 年 12 月現在)。

3. 小地形 (箱根周辺)

神奈川県周辺について、ETOPO 5 から 250m DEM の 5 種類は、傾斜がタイルパターンのようにドットが荒い (図 8 や図 9)。50m DEM から 5m DEM ではドットの荒さは目立たず、神奈川県の中地形を読み取ることができている (図 10 から図 14)。しかし、10m DEM から 5m DEM に関しては、細部の表現がつぶれている (図 12 から図 14)。そこで 50m DEM より高解像度の DEM が、小地形についてどこまで表現できるかについて、範囲を狭めて箱根火山周辺で行う。東経 138 度 54 分 30 秒から 139 度 10 分 50 秒、北緯 35 度 05 分から 35 度 22 分 30 秒の範囲について 250m DEM、50m DEM、10m DEM、GISMAP-10 m、5m DEM による傾斜量図を図 16 にまとめた。

箱根火山については、新井田 (2008) にて地球観測衛星と GISPAP-10 m を用いた地形判読を行っている。今回は、そのときの判読結果との比較を行う。なお、火山地形の表現において溶岩など噴出物名は、日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会 (2007) に基づく。箱根の概略図を図 17 に示す。

250m DEM では、全体にのっぺりとした印象になる (図 16 a)。カルデラの形はカルデラ壁の急傾斜によって判

読できるが、丸山南東斜面や三国山東斜面の水鳥の足状の地形は、細部を表現しない (図 17 a の丸印部)。中央火口丘では神山・駒ヶ岳がほぼ一体化している (図 17 b)。早川や須雲川の谷は、急傾斜にはさまれた緩傾斜の部分として判読できる程度で、斜面の様子は判読できない (図 18 b)。同じように、湯河原での大規模な崩壊地形はあまりよく見えない。少なくとも約 1 km 間隔の谷しか判読できないことが分かった。

50m DEM では山体に刻まれた谷を 250m DEM より詳細に表現している (図 16 b)。カルデラ壁の水鳥の足状地形も判読できる (図 17 c)。外輪山外側の浸食としては、湯河原や狩川上流には細かい谷が刻まれていることが判読できる。また、中央火口丘においては、中央が白く周辺部が黒くなるドーム地形の二子山 (図 18 c) や、神山や駒ヶ岳からの流れた溶岩の舌状の地形、神山から北西方向に降りている崩壊地形などが判読できる (図 17 c)。湖尻溶岩の先端部は水平 150 m の区間で 80 m ほど下っている。5 万分の 1 地形図に描かれている河川は判読できる。

G-DEM30 m では、50m DEM と比較して地形の輪郭がぼやけているように見える (図 16 c、図 16 b)。早雲山溶岩グループの二ノ平付近への流出部分は、50m DEM と比較すると判読しにくい (図 19 c、図 19 d)。また、神奈川県全体では分からないが (図 16 c)、足柄平野に幅 200 から 300 m 程度の丘のようなものが数多くみられる (図 21 j 長円部)。この地形は、ほかの解像度の DEM からは読み取ることができない。

10m DEM では、かなり細かく地形が判読できる (図

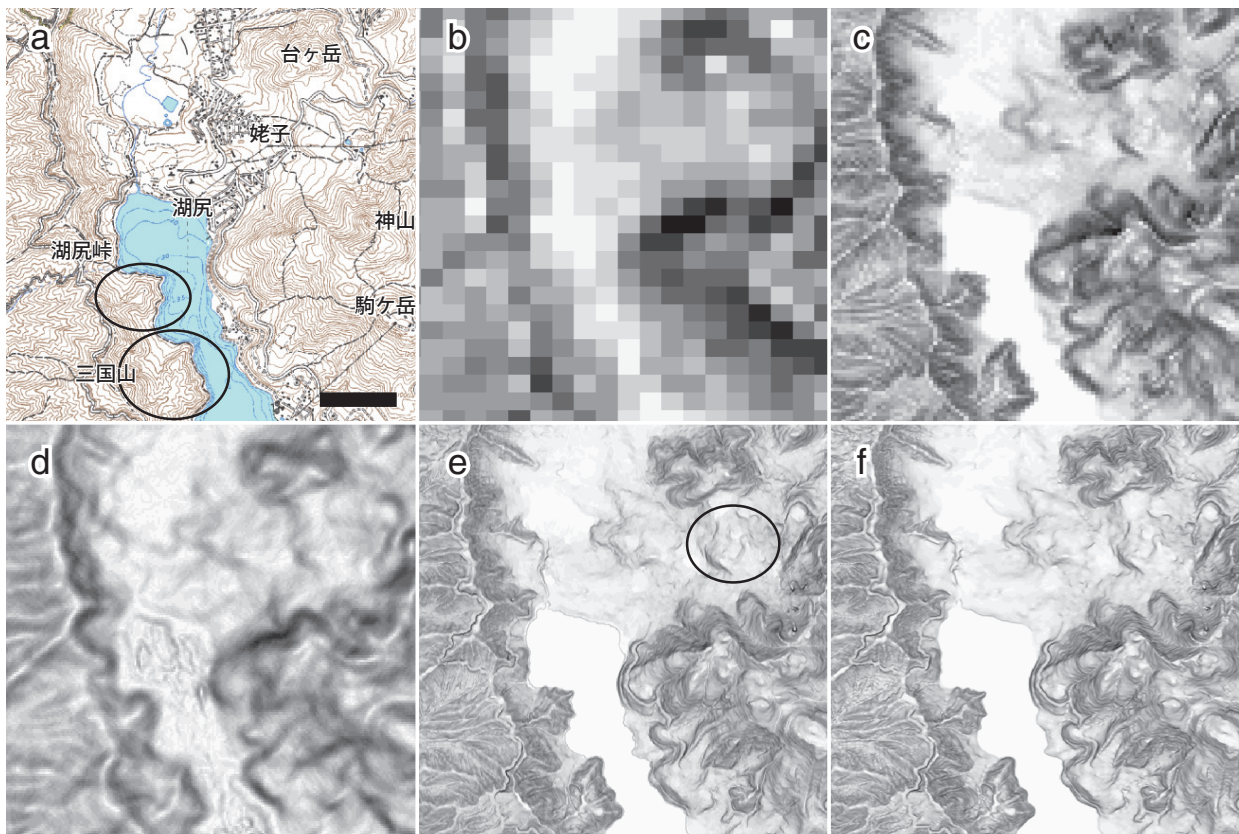


図 17. DEM のメッシュサイズの違いによる地形表現 (湖尻周辺).

a : 地形図 (丸印は本文参照), b : 250m DEM, c : 50m DEM, d : G-DEM30 m, e : 10m DEM (丸印は本文参照), f : GISMAP-10 m バーは 1 km..

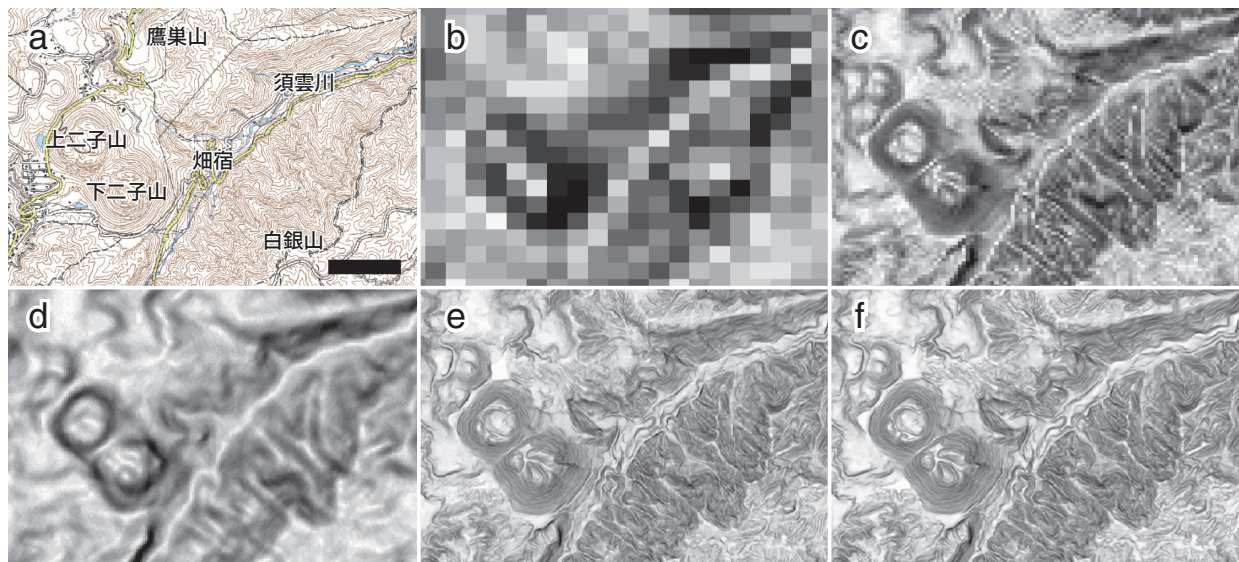


図 18. DEM のメッシュサイズの違いによる地形表現 (二子山周辺).

a : 地形図, b : 250m DEM, c : 50m DEM, d : G-DEM30 m, e : 10m DEM, f : GISMAP-10 m バーは 1 km..

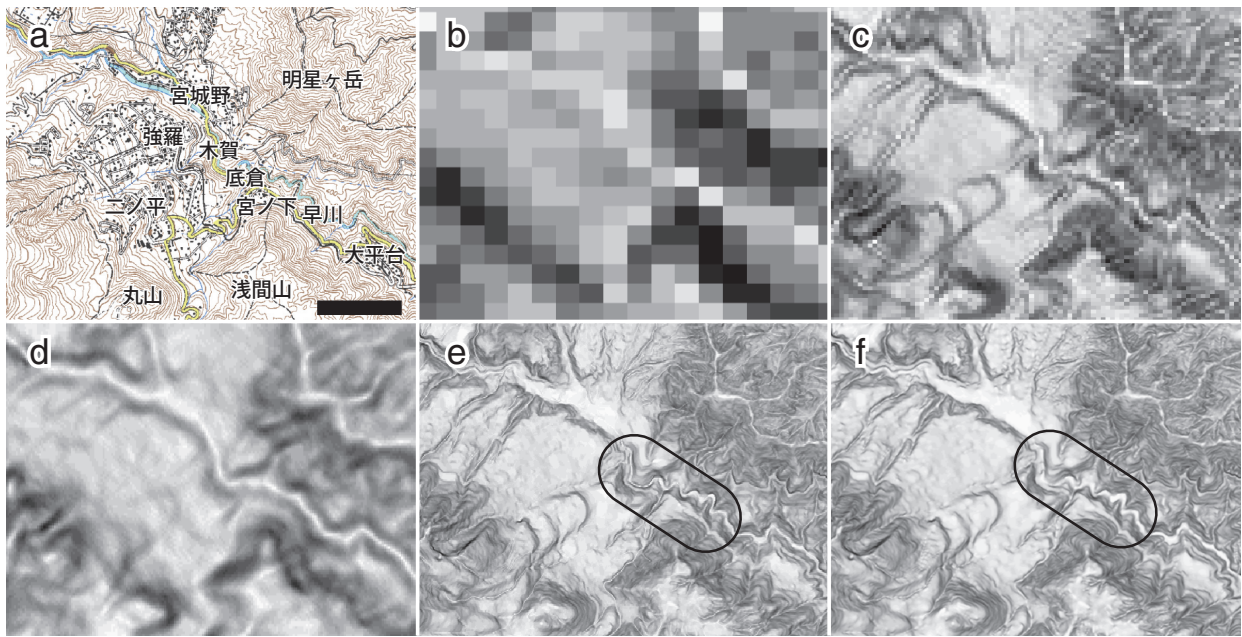


図 19. DEM のメッシュサイズの違いによる地形表現 (強羅周辺).

a : 地形図, b : 250m DEM, c : 50m DEM, d : G-DEM30 m, e : 10m DEM, f : GISMAP-10 m (長円部は本文参照) パーは 1 km.

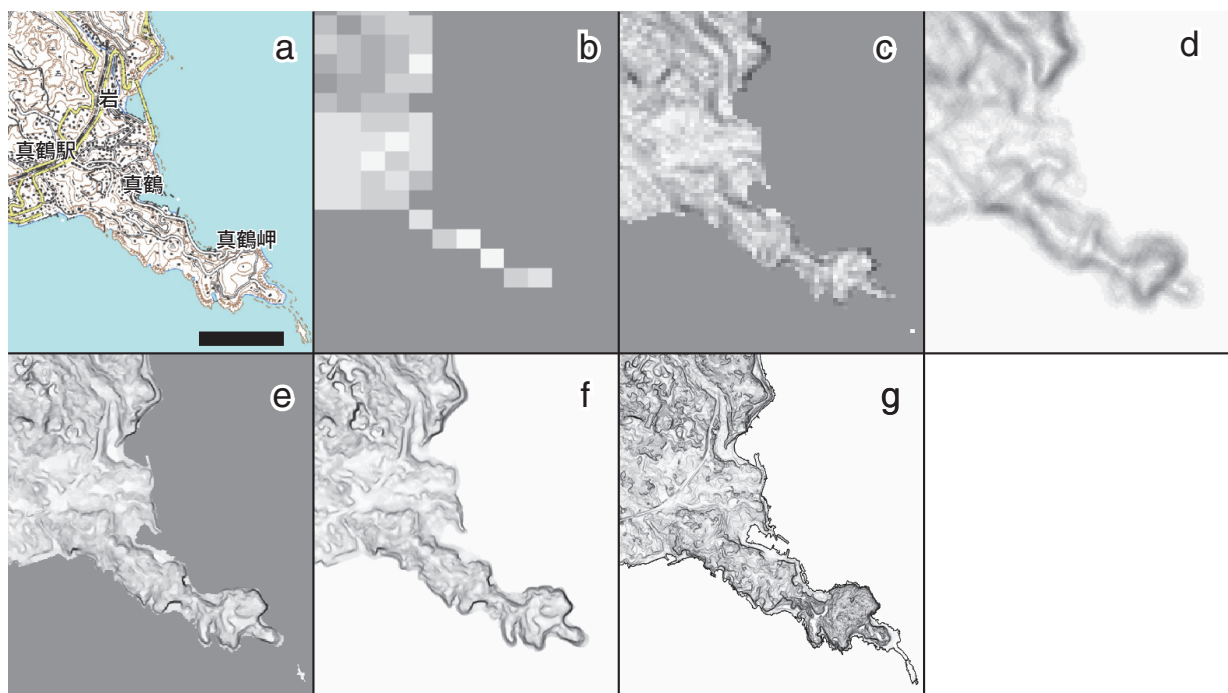


図 20. DEM のメッシュサイズの違いによる地形表現 (真鶴周辺).

a : 地形図, b : 250m DEM, c : 50m DEM, d : G-DEM30 m, e : GISMAP-10 m, f : GISMAP-10m, g : 5m DEM パーは 1 km.

16 d)。湖尻周辺の図では、三国山の東斜面の水鳥の足状地形の箇所に 700 m のなかに 3 本の谷があることが判読できる (図 17 e)。底倉から宮ノ下付近の早川は 250 m 周期、70 m の振幅で蛇行していることが判読できる (図 19 e、f の長円部)。さらに宮城野から大平台にかけて小さい段丘面が判読できる (図 19 e)。溶岩の流出地形のなかに溶岩堤防が判読できる (図 17 e 右下)。また、冠ヶ岳崩壊地形の中で、姥子周辺に階段状の地形が判読できる (図 17 e 丸印部)。2 万 5 千分の 1 地形図と比較すると、描かれている水系は判読できた。

GISMAP-10 m は、10m DEM とメッシュサイズが同じであるため、この作画範囲では判読結果も同じように思える。しかし、細部を比較すると、木賀付近の早川の谷など段丘面のある V 字型の溪谷においては幅 40 m 程度の平坦面 (図 19 長円部左側) を GISMAP-10 m は表現していない (図 19 f) ことに対し、10m DEM は表現している (図 19 e) ため、差が見られる部分があることが分かった。

5 m DEM には、小田原市穴部や久野から板橋にかけては、細かい谷が刻まれている (図 16 f)。JR 東海道新

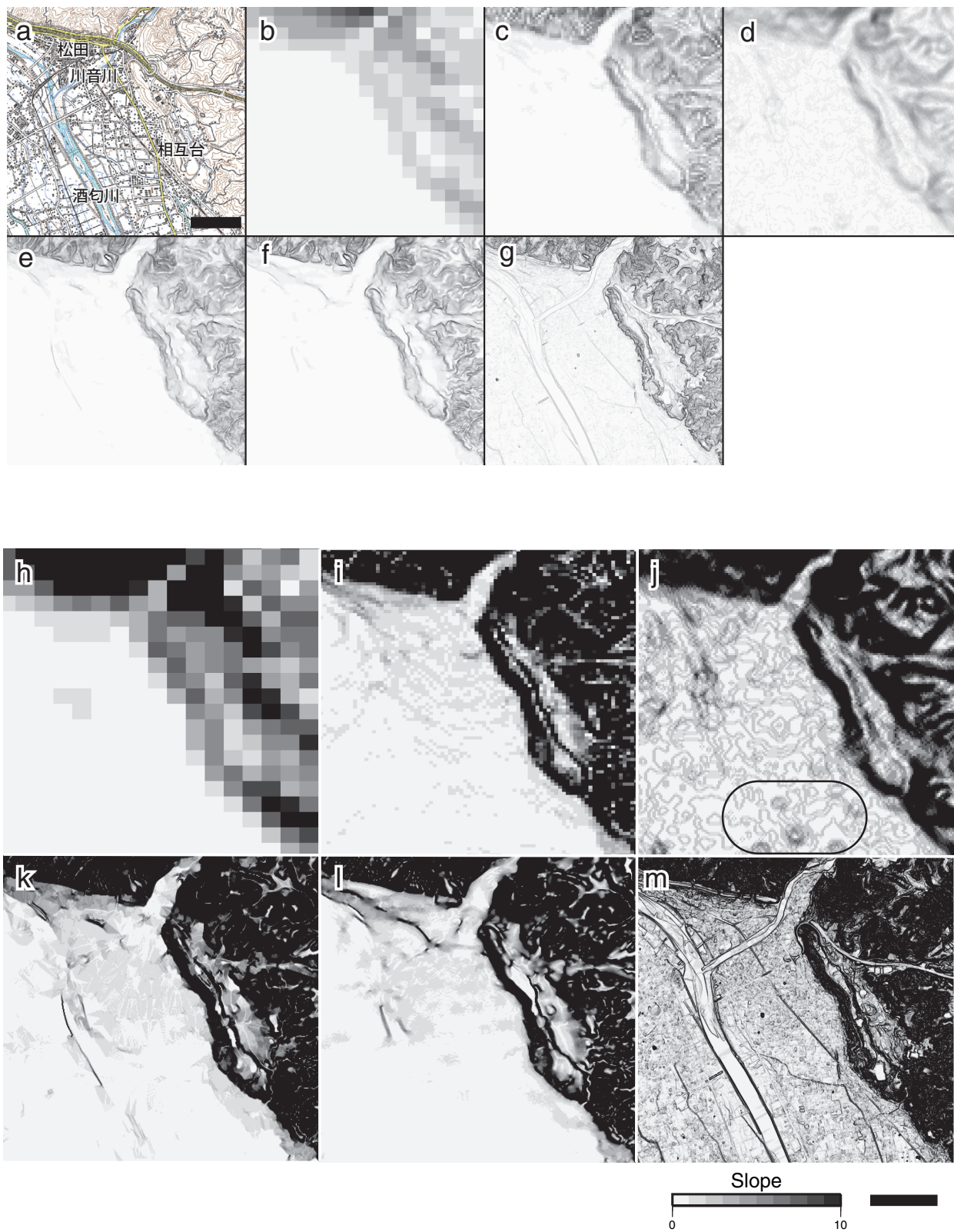


図 21. DEM のメッシュサイズの違いによる地形表現 (松田周辺).

a : 地形図, b : 250m DEM, c : 50m DEM, d : G-DEM30 m, e : GISMAP-10 m, f : GISMAP-10m, g : 5m DEM, (これ以下は傾斜を 10 度まで) h : 250m DEM, i : 50m DEM, j : G-DEM30 m (長円部は本文参照), k : 10m DEM, l : GISMAP-10m, m : 5m DEM パーは 1 km.

幹線など鉄道や道路の盛土や掘割など人工物に起因する地形も判読できる。早川周辺から真鶴岬までは舌状の溶岩地形が多く見られる。しかし、前述のとおり箱根火山本体の標高データはない。

真鶴周辺では、小松石などと呼ばれる石材を採石している様子や、JR 東海道線や真鶴道路などの切通しや

土盛りなど人工的な地形も判読できる（図 20 g）。また、真鶴岬先端の高まりの中に、小さい陥没地形がいくつか判読できる。松田付近では、JR 御殿場線や東名高速の路盤や、酒匂川や川音川の堤防が判読できる（図 21g）。また、川音川による扇状地的な微地形が見られるが、5 m DEM では、人工物などによる地表面の変化を細かく

表 3. 地形とメッシュサイズとの関係。

地形 DEM名	火山地形								変動地形		低地		
	カルデラ		溶岩円頂丘	溶岩流				崩落		断層		平野	扇状地
	カルデラ壁	外輪山斜面			溶岩堤防	溶岩しわ	溶岩末端崖	崩落崖	崩落堆	断層崖	断層角盆地		
			上二子山 下二子山 等	神山 駒ヶ岳 周辺	陣笠山溶岩			神山北西斜面		丹那断層 和留沢断層 国府津- 松田断層	丹那盆地	足柄平野	川音川合流
250m DEM	線状に表現		輪郭を表現										
50m DEM	半島状の突起 250m間隔 程度の侵食を 表現	250m間隔 程度の侵食を 表現	輪郭を表現 頂部に凹凸	輪郭を表現			輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭で表現	輪郭を表現			
ASTER G-DEM	半島状の突起 500m間隔 程度の侵食を 表現	500m間隔 程度の侵食を 表現	輪郭を表現 頂部に凹凸	輪郭を表現			輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭で表現	輪郭を表現			
10m DEM	半島状の突起 125m間隔 程度の侵食を 表現	125m間隔 程度の侵食を 表現	輪郭を表現 頂部に凹凸	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭で表現 段差を表現	輪郭を表現	輪郭を表現		扇型に 10度以下の 傾斜を表現
GISMAP Terrain	半島状の突起 125m間隔 程度の侵食を 表現	125m間隔 程度の侵食を 表現	輪郭を表現 頂部に凹凸	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭を表現	輪郭で表現 段差を表現	輪郭を表現	輪郭を表現		扇型に 10度以下の 傾斜を表現
5m DEM	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	範囲内に 存在せず	輪郭を 25m間隔 程度の 侵食まで表現	範囲内に 存在せず	小河川を 表現	傾斜で 表現できず

表 4. メッシュサイズごとに判読された地形（まとめ）。

DEM名	山地・山脈	河川	台地・丘陵	平野・盆地	その他	判読できる 水平スケール
ETOPO5	大きな塊で見え、 単体の山は区分されない	区別されない	山との境は区分されるが、 それ以上細かく区分されない			50km以上
ETOPO2	急傾斜の山だけ区分される (箱根ではカルデラが見える)	山間部の大河川のみ	山との境は区分されるが、 それ以上細かく区分されない			20km以上
ETOPO1	突出した山は区別される (箱根では中央火口丘が見える)	山間部の大河川のみ	連続した急傾斜で区切られたもののみ			10km以上
1km DEM	孤立した山、大きく深い谷で 区切られた山が区分される	山間部の大河川のみ	連続した急傾斜で区切られたもののみ		構造線のつながりは判読できる	5km以上
250m DEM	20万分の1地勢図に描かれる 山の型に区分される (箱根ではカルデラ壁が線状に)	山間部の河川のみ	段丘崖などの斜面	段丘崖など 斜面で区分されたエリア	大規模な構造線・活断層の位置が 推定できる	1km以上
50m DEM	5万分の1地形図に描かれる 山の形に区分される	山地・丘陵地を流れる河川	段丘崖、浅い谷などの 斜面	大きい河川の流路	構造線・活断層の位置が 推定できる	500m以上
ASTER G-DEM	5万分の1地形図に描かれる 山の形に区分される	山地・丘陵地を流れる河川	段丘崖、浅い谷などの 斜面	大きい河川の流路	大規模な構造線・活断層の位置が 推定できる	500m以上
10m DEM	2万5千分の1地形図における 山や谷の形を詳細に描く	山地・丘陵地を流れる河川	段丘崖、浅い谷などの 斜面を詳細に描く	河川の流路、扇状地	大規模な構造線・活断層の位置が 推定できる	50m以上
GiSMAP Terrain	2万5千分の1地形図における 山や谷の形を詳細に描く	山地・丘陵地を流れる河川	段丘崖、浅い谷などの 斜面を詳細に描く	河川の流路、扇状地	大規模な構造線・活断層の位置が 推定できる	50m以上
5m DEM	2万5千分の1地形図における 山や谷の形を極めて詳細に描く	河川一般	段丘崖、浅い谷などの 斜面を極めて詳細に描く	河川の流路	構造線・活断層の位置が推定できる 人工的な地形改変が判読できる	30m以上

表現し過ぎるため、判読しにくい。このような微地形では、傾斜の変化もわずかであるため、急傾斜地までを含む濃淡の変化では、丘陵地帯しか判読できない（図 21 b から g）。そこで緩傾斜地用に濃淡の変化を 10 度までとした（図 21 f から m）。50m DEM や 10m DEM のほうが、北東から南西にかけての様な傾斜をとらえている（図 21 i, k, l）。特に 10m DEM（図 21k）では、扇の骨状に傾斜の違いが判読できるが、これは旧流路を示している可能性がある。しかし、GISMAP-10 m（図 21 l）からは判読できない。

箱根周辺について判読してきた結果について、地形ごとに整理したものを表 3 にまとめる。

考察

日本列島の特徴を、解像度の異なる DEM による傾斜量図の判読結果として以下にまとめる。ETOPO 5 では傾斜量の差について、東北日本においては、岡山（1953）における北上阿武隈線や直江津八王子線などの地形構造が判読できる。しかし、西南日本ではあまり読み取ることができない。これは、西南日本における傾斜の変化が、約 9 km というメッシュ間隔ではあまり大きくないことによる。ETOPO 1 より高解像度であれば、貝塚（1988）が大地形区界として考えた千島弧、東北日本弧、伊豆・小笠原弧、西南日本弧、琉球弧といった島の境界線を判読することができる。これは、島弧の境界と考えられる地形が 2 km より短い周期で変化しているためであろう。

日本列島から本州中央部、神奈川、箱根とエリアを狭めて行った地形判読から分かったことを、表 4 にまとめる。低解像度の DEM は、大きい地形を判読することに適し、高解像度になるほど、浸食による細かい谷の発達や、構造線や断層のように傾斜が急変する線状の地形も判読できる。地形の判読は、その地形の水平および比高などのスケールに応じ、判読しやすいメッシュサイズが存在することが分かった。

平野部は山岳部に比べ傾斜の変化が小さい。そのため、傾斜量図の色表現としての白黒の濃淡のパターンは、どのような地形を判読するかによって、適切に変える必要がある。特に平野部において、微妙な傾斜変化をとらえる場合には、図 21 h から m に示すように傾斜の変化幅を狭くするとよい。

高解像度になるということは、地形を描く密度が高くなることである。5m DEM を用いて小さい出力サイズに広範囲を描いた場合、図 14 のように細部がつぶれ、地形判読が行えない。しかし、図 20 g のように適正と思われるサイズで出力した場合、その表現力は高い。数値地図（地図画像）に収録されている地形図画像の解像度（254DPI：1 ピクセル当たり 0.1 mm）を参考とすると、経度 1 度について ETOPO 5 では 1.2 mm、ETOPO 2 では 3 mm、ETOPO 1 では 6 mm、1 km DEM では 8 mm、250m DEM では 32 mm、50m DEM では 16 cm、G-DEM30 m では 36 cm、10m DEM では 90 cm、GISMAP-10 m では 80 cm、5m DEM では 180 cm となる。本論文において経度で 23 度にわたる日本列島全体を示す図は、1km DEM に

よるもの（図 4）が最適である。他の図は、低解像度 DEM ではタイルパターンが目立つほど過大であり、高解像度 DEM では、地形表現がつぶれてしまうほど過小である。最も高解像度である 5m DEM では、少なくとも実距離 1 km あたり 12 mm 程度の大きさが必要であろう（図 20 g）。

G-DEM30 m に関しては、他の DEM を生成方法が異なるが、その影響は平坦部へのノイズ（たとえば、図 21 j の長円部）や 50m DEM より地形の表現力が劣るという点に表れている。しかし、測量更新頻度においては、航空機によるレーダー測量よりも衛星画像からの DEM 生成のほうが迅速さについて期待できるため、有用であると考えられる。

傾斜量は標高値から計算されているが相対的な値であり、絶対的な値、すなわち標高値と直接的な関係を示さない。そのため、新井田（2008）で判読していた箱根火山中央部を東西に横断する低地部の存在は、傾斜量図からは読み取ることができないことが問題点である。

なお、図で使用した地形図は、数値地図 200000（地図画像）の東京、横須賀、甲府、静岡および数値地図 50000（地図画像）の秦野、小田原、御殿場、熱海である。また、ASTER GDEM の原データは、経済産業省及び NASA に帰属している。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、貴重な意見をいただいた神奈川県立生命の星・地球博物館齋藤靖二氏、平田大二氏、瀬能 宏氏にお礼申し上げる。

引用文献

- ASTER GDEM Validation Team, 2009. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. Online. Available from internet: http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/image/ASTERGDEM_ValidationSummaryReport_Ver1.pdf (downloaded on 2010-01-19).
- 貝塚 爽平, 1988. 日本の大地形区界. 月刊地球, **10**: 99-101.
- 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): 11-24.
- 小竹美子, 1989. 地形データから活断層を抽出する試み. 活断層研究, **6**: 3-8.
- 新井田秀一, 2008. 地球観測衛星画像と数値標高モデル DEM による箱根火山の地形判読. 神奈川県博物館調査研究報告 (自然科学), **13**: 13-24.
- 日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会, 2007. 箱根火山. 国立公園地質リーフレット 1. 日本地質学会.
- 野上道男, 1985. 数値地形分析のための処理システム. 地形, **6**(3): 245-264.
- 野上道男, 1995. 細密 DEM の紹介と流域地形計測. 地理学評論, **68A**(7): 465-474.
- 太田岳洋, 2006. 数値地図 50 m メッシュ (標高) による三浦半島における斜面崩壊地の地形的特徴に関する検討. 応用地質, **46**(6): 331-340.
- 太田岳洋・八戸昭一, 2006. 数値標高モデルによる地形計測の現状と応用例. 応用地質, **46**(6): 347-360.
- 岡山俊男, 1953. 日本の地形構造. 駿台史学, **3**: 28-38. (岡山俊男,

1974. 日本の山地地形と氷河問題小史. pp30-42. 古今書院, 東京. に再録)
- 佐々木寿・向山 栄, 2007. 地形判読を支援する ELSAMAP の開発. 先端測量技術, **93**: 8-16.
- 関口辰夫・岩橋純子, 1992. 雲仙岳の地形解析と火山災害の予測. 国土地理院時報, (75):32-36.
- 鈴木隆介, 1997. 読図の基礎. 建設技術者のための地形図読図入門, 第 1 巻. pp1-200. 古今書院, 東京.
- 高橋昭子・小口 高・杉盛啓明, 2003. ラスター型 DEM の解像度と地形表現力. 地理学評論, **76**(11): 800-813.
- 宇根 寛・小室勝也, 2000. 詳細地形データによる変動地形の表現. 月刊地球号外, **28**:22-29.
- 吉川虎雄・杉村 新・貝塚爽平・太田洋子・坂口 豊, 1973. 日本の地形の概観. 新編日本地形論, pp.35-52. 東京大学出版会, 東京.
- 吉山 昭, 1990. DEM を用いた流域の地形量の計測. 地学雑誌, **99**(6): 136-142.

摘 要

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. (Niida, S., 2010. Landform analysis on the Digital Elevation Model using low- to high-resolution Remote Sensing Data. *Bull. Kanagawa prefect. Mus.(Nat. Sci.)*, (39):1-19.)

いろいろな解像度で生成されたデジタル標高モデル (Digital Elevation Model ; DEM) による地形解析として、傾斜量図から地形を判読した。その結果、低解像度 DEM では脊梁山脈や構造線のような大地形を判読できた。高解像度 DEM では断層のようなリニアメントや段丘や谷などの侵食のような小地形や微地形を判読できた。

(受付 2009 年 12 月 2 日 ; 受理 2010 年 1 月 27 日)

神奈川県山北町人遠の神縄逆断層破碎帯中の 赤鉄鉱—石英岩中の海緑石

Glaucanite in Hematite-Quartz Rock in the Fault Crush Zone of Kannawa Reverse Fault at Hitotoo, Yamakita-machi, Kanagawa Prefecture, Japan

平田大二¹⁾・斎藤靖二¹⁾・永幡寛三²⁾・寺島靖夫³⁾・岡田嘉夫⁴⁾・加藤 昭⁵⁾

Daiji HIRATA¹⁾, Yasuji SAITO¹⁾, Hiromi NAGAHATA²⁾, Yasuo TERASHIMA³⁾,
Yoshio OKADA⁴⁾ & Akira KATO⁵⁾

Abstract. Glaucanite is found in a hematite-quartz rock of Hondanigawa Formation of Tanzawa Group of Neogene, involved in an outcrop of Kannawa Reverse Fault located in the southern part of Tanzawa Mountainland, central Japan. The hematite-quartz rock having a mudstone-like feature overlies an acidic pyroclastic rock comprising aluminoceladonite and magnetite with sharp boundary despite the disturbance due to the fault activities. Microscopically, the hematite-quartz rock is a sandstone composed of subround quartz and irregular-formed hematite grains with interstitial glauconite, involved as thin intermittent platelets of sub-millimeter thick. They seem to be concentrated along minute fractures parallel to the boundary to the underlying pyroclastic rock. Also, glauconite is found as minute undistorted spherules of about 0.1 mm order, the size being same as those of quartz grains. The microprobe analysis of platelets gives SiO₂ 49.99, Al₂O₃ 4.46, FeO (Total Fe) 23.32, MgO 4.16, CaO 0.44, Na₂O tr., K₂O 8.65, total 91.02%. The empirical formula was derived after three steps: firstly, the total of Fe + Mg + Al + Si = 6; secondly the total positive charge = 22, converting a part of FeO into Fe₂O₃, yielding Fe₂O₃ 23.49 and FeO 2.18, new total 93.37%. Finally, the rest handled H₂O. The derived formula is: (K_{0.82}Ca_{0.04})_{Σ0.86}(Fe³⁺_{1.31}Mg_{0.46}Fe²⁺_{0.14}Al_{0.10})_{Σ2.01}[(OH)₂](Si_{3.75}Al_{0.29})_{Σ4.00}O₁₀•0.64H₂O. X-ray powder study on the hand-picked material gives the stronger lines well corresponding to the existing data for glauconite (ICDD Card No. 9-439), together with the diffraction lines of quartz, hematite and stilbite. Since the exposure of the rock is situated in the area of zeolite facies regional metamorphism, it is highly likely that the glauconite is its product thereof.

Key words: glauconite, hematite-quartz rock, Tanzawa Group, zeolite facies, metamorphic mineral,
Kannawa reverse fault

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
平田大二 : hirata@nh.kanagawa-museum.jp

²⁾ 神奈川県横浜市青葉区すすき野
Susukino, Aoba, Yokohama, Kanagawa, Japan

³⁾ 神奈川県横浜市戸塚区上柏尾町
Kamikashio-cho, Totsuka, Yokohama, Kanagawa, Japan

⁴⁾ 神奈川県足柄下郡箱根町湯本
Yumoto, Hakone, Ashigarashimo, Kanagawa, Japan

⁵⁾ 東京都大田区田園調布
Denenchofu, Ota, Tokyo, Japan

1. はじめに

海緑石 (Glaucanite) は、理論式 $K(Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+}, Al)_2[(OH)_2](Si, Al)_4O_{10}(Fe^{3+} > Mg, Fe^{2+}, Al; [Si > Al])$ を持つ二八面体雲母の一つで (Rieder *et al.*, 1998)、これまで主に鉄に富む砂岩の膠結物質として広く産出することが知られてきた。日本国内でも東北や北陸、山陰地方などの新第三系凝灰質岩中に産出が確認されている (Kadota, 1956; 相田, 1968; 植田・鈴木, 1973; 矢野・島田, 1984 など)。神奈川県近隣では、千葉県房総半島の嶺岡帯中のアルカリ玄武岩に取り込まれた砂岩の中に認められている (平野・奥澤, 2002)。近年では、玄武岩の熱水変質産物としても確

認されている (D' Antonioli and Kristensen, 2005; Ionescu *et al.*, 2006)。

これまで神奈川県内では、海緑石の産出は未確認であった。2007 年 5 月、筆者らは神奈川県山北町人遠に露出する神縄逆断層破碎帯中に暗緑色の鉱物を確認し化学分析した結果、海緑石であることが判明した。本稿では、神奈川県内ではじめて確認された海緑石の産状と化学組成について報告し、その成因を考察する。



図 1. 位置図。★印が海緑石産出地点 (N35° 22' 5", E139° 4' 20")。国土地理院 1/25,000 地図画像「山北」を使用。

2. 産地と産状

今回海緑石が発見されたのは、神奈川県山北町人遠の南方約 800m、酒匂川の支流皆瀬川の一支流の分岐点に露出する神縄逆断層 (松島・今永, 1968) の露頭である (図 1)。露頭は高さ約 20m の崩落崖で、露頭に向かって右上から左下にかけて神縄逆断層 (走向ほぼ東西、北に緩傾斜) が認められる。断層の下盤側には第四系の足柄層群瀬戸層の礫岩、上盤側には新第三系の丹沢層群本谷川層の凝灰岩が現れている (神奈川県教育委員会, 1980)。上盤側の本谷川層が断層により著しく破壊変形されて断層破碎帯 (幅約 10m) となっている (図 2)。

海緑石は、上盤側の断層破碎帯となっている丹沢層群本谷川層の赤鉄鉱-石英岩中に認められた。赤鉄鉱-石英岩は一見暗赤色で泥岩様の成層岩である。海緑石は赤鉄鉱-石英岩の一部ある層準に、暗灰緑色をした厚さ 2~10cm の層状の濃集が観察される。海緑石濃集層の伸びの方向は、赤鉄鉱-石英岩の層理面と平行かまたは斜交する (図 3)。赤鉄鉱-石英岩の下位には、同じく本谷川層を構成するアルミノセラドン石および磁鉄鉱を含む酸性火砕岩が認められる。赤鉄鉱-石英岩と酸性火砕岩との境界は、断層破碎帯中ではあるものの明瞭である。

3. 鏡下観察と化学分析

鏡下では、赤鉄鉱-石英岩は粒状の石英の粒間を赤鉄鉱が埋めた細粒砂岩であることがわかる。海緑石は、その中に発達する地層の境界とほぼ平行な割れ目に沿ってやや光沢のある暗灰緑色で切れ切りの薄い小片を成すものと、砂岩粒子をなす石英と同程度の大きさで径 0.1 mm 程度の大きさの粒状をなすものとが認められる (図 4)。鏡下での劈開の痕跡からみて、どちらの場合も単一の集合は変形した単結晶から成っている。

国立科学博物館新宿分館のエネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー (EPMA) を使用して、切れ切りの薄層をなす海緑石の組成分析を行った。その結果は、SiO₂ 49.99、Al₂O₃ 4.46、FeO 23.32、MgO 4.16、CaO 0.44、Na₂O tr、K₂O 8.65、計 91.02% を与えた。計算はまず Fe + Mg +



図 2. 海緑石を含む赤鉄鉱-石英岩が見られる露頭全景。神縄逆断層を挟んで、上盤に丹沢層群本谷川層、下盤に足柄層群瀬戸層が露出する。写真のほぼ中央部に本谷川層の赤鉄鉱-石英岩があらわれている。白線枠内は海緑石濃集部 (図 3)。写真は東北東を向いて撮影。

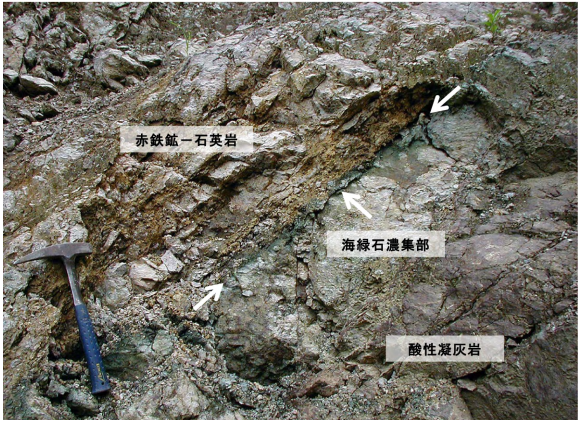


図 3. 海緑石濃集部の接近写真。図中央部から左上のやや色の濃い部分が赤鉄鉱-石英岩。図右下のやや色の淡い部分が酸性凝灰岩。図中央部の右上から左下に向けて、海緑石の濃集した層（長さ約1m、厚さ2～10cm）が伸びる。

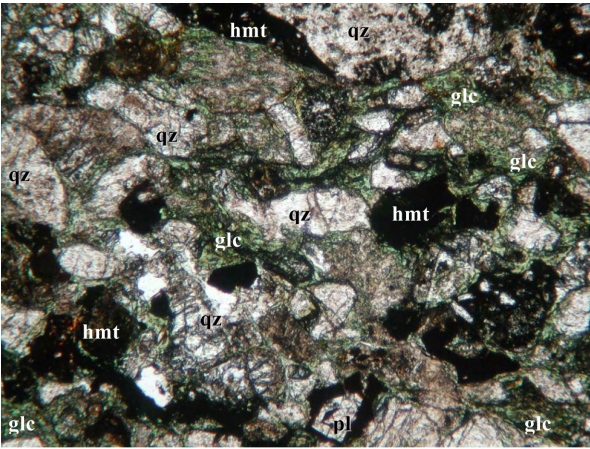


図 4. 海緑石濃集部の層理にほぼ垂直な断面の岩石薄片写真。層理は左右に平行。hmt（黒色部）：赤鉄鉱、glc（灰色部）：海緑石、qz（無色不定形）：石英、pl（無色結晶）：斜長石。写真の横幅は2.5mm。

Al + Si = 6 とし、次に総計原子価 +22 となるよう Fe の一部を Fe³⁺、残りを Fe²⁺ として、Fe₂O₃ 23.49、FeO 2.18、計 93.37% を得た(表 1)。残余 6.63% を H₂O とした実験式は、
(K_{0.82}Ca_{0.04})_{Σ 0.86}(Fe³⁺_{1.31}Mg_{0.46}Fe²⁺_{0.14}Al_{0.10})_{Σ 2.01}[(OH)₂](Si_{3.71}Al_{0.29})_{Σ 4.00}O₁₀]・0.64H₂O となり、Rieder et al., (1998) の理論式を満足する。

4. X線による検討

海緑石を含む赤鉄鉱-石英岩から海緑石の濃集部を分離し、X 線粉末回折実験を行った。その結果、10.18（強）、4.53（中）、3.64（中）、3.34（強）、3.08（弱）、2.58（中強）、2.40（中）、1.511（中）の反射を確認した。これらは ICDD Card No. 9-439 に与えられた 2 M 型海緑石のものとよく一致する。なお、この結果からは、多型の指定は行うことはできなかった。また、混入鉱物としては、石英のほか、モンモリロン石および東沸石（おそらく灰東沸石）が認められた。

5. 成因に関する考察

神縄逆断層の断層破碎帯の構成物は、丹沢層群を構成する酸性火砕岩を主成分とし、少量の砂岩を混じる。この中の酸性火砕岩の構成成分はアルミノセラドン石・モンモリロン石・斜長石・石英および磁鉄鉱であった（平田ほか, 2008）。なお、この断層破碎帯中にはやや磁性の強い砂岩の塊や層状をなした海緑石を含む赤鉄鉱層の存在も確認されている。

本邦産の堆積岩中の海緑石はすべて鏡下では非常に微細な葉片状の結晶集合からなるもので、続成作用の産物とされているが、このようなものを比較すると、本産地のものは明らかに結晶の粒度は大きい。また、本産地は丹沢山地を構成する広域変成岩帯の一部に含まれ、その

表 1. EPMA による海緑石の化学分析値。

	原分析値	FeO* 計算配分	Molecular quotient	Metal number	Oxygen number	Molecular number
SiO ₂	49.99		0.8312	0.8312	1.6400	3.705
Al ₂ O ₃	4.15		0.0437	0.0875	0.1312	0.390
FeO*	23.32		0.3246			
FeO		2.18	0.0305	0.0305	0.3050	0.136
Fe ₂ O ₃		23.49	0.1471	0.2942	0.4413	1.310
MgO	4.16		0.1032	0.1032	0.1032	0.460
MnO	-	-	-	-	-	-
CaO	0.44		0.0079	0.0079	0.0079	0.035
K ₂ O	8.65		0.0918	0.1837	0.0918	0.818
計	91.02	93.37				
H ₂ O(計算)		6.63	0.3680	0.7361	0.3680	3.378
計		100.00				

実験式：



中の沸石相に属するとされている (Seki et al., 1969)。こうしたことから、本産地の海緑石を含む赤鉄鉱－石英岩が沸石相程度の広域変成作用を受けており、今回発見の海緑石の少なくとも一部が、これに相当する変成条件の産物であった可能性は大きい。

謝 辞

海緑石の化学組成分析と同定をしていただいた国立科学博物館鉱物科学研究グループ横山一己博士および宮脇律郎博士にお礼申し上げる。なお、本研究の費用の一部には日本学術振興会科学研究費基盤研究 (C) (課題番号: 19611019、研究代表者: 斎藤靖二) を使用した。

引用文献

- 相田 毅, 1968. 北陸新第三系中の海緑石の鉱物学的研究. 新潟大学理学部地質学鉱物学教室研究報告. (2):1-16.
- D' Antonoil, M. & M. B. Kristensen, 2005. Hydrothermal alteration of oceanic crust in the West Philippine Sea Basin (Ocean Drilling Program Leg 195, Site 1201): Inference from a mineral chemistry investigation. *Mineralogy and Petrology*, **83**: 87-112.
- 平野直人・奥澤康一, 2002. 房総半島嶺岡帯西部のアルカリ玄武岩に取り込まれた砂岩の産状とそのテクトニクスの意義. 地質学雑誌, **108**(11): 691-700.

- 平田大二・永幡寛三・加藤昭・岡田嘉夫・寺島靖夫, 2008. 神奈川県山北町人遠の神縄逆断層破砕帯下に産するモンモリロン石－磁鉄鉱－斜長石堆積物. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (37): 13-16, 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- Ionescu, C., V. Hoeck & D. Pop, 2006. Glauconite and celadonite in the altered basaltic rocks from the Deleni-6042 deep well (Transylvanian Depression, Romania). *Acta Mineralogica- Petrographica, Abstract Series 5*, Szeged.
- Kadota, O., 1956. The mineral Glauconite from Fujikoto-Mura Akita Prefecture. *Journal of Geological Society of Japan*, **62**(726): 145-150.
- 神奈川県教育委員会, 1980. 神奈川県地質図 5 万分の一「秦野」図幅.
- 松島義章・今永 勇, 1968. 神縄逆断層について. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), **1**(1): 65-73.
- Rieder, M., G. Cavazzi, Y. S. D' yakonov, V. A. Frank-Kamenetskii, G. Gottardi, S. Guggenheim, P. V. Koval, G. Müller, A. M. R. Neiva, E. W. Radoslovich, J. -L. Robert, F. P. Sassi, H. Takeda, Z. Weiss & D. R. Wones, 1998. Nomenclature of the micas. *Canadian Mineralogy*, **36**: 905-912.
- Seki, Y., Y. Oki, T. Matsuda, K. Mikami & K. Okamura, 1969. Metamorphism and vein minerals in the Tanzawa Mountains, Central Japan. *Journal of Japan Association Mineralogists, Petrologists and Economical Geologists*, **66**:1-21.
- 植田良夫・鈴木光郎, 1973. 東北日本産海緑石とセラドナイトの K-Ar 年代. 地質学論集, (8):151-159, 日本地質学会.
- 矢野寛幸・島田昱郎, 1984. 隠岐島後新第三系中の海緑石. 島根大学地質学研究報告, (3):121-128.

摘 要

平田大二・斎藤靖二・永幡寛三・寺島靖夫・岡田嘉夫・加藤 昭, 2010. 神奈川県山北町人遠の神縄逆断層破砕帯中の赤鉄鉱－石英岩中に産する海緑石. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (39): 21-24. (Hirata, D., Y. Saito, H. Nagahata, Y. Terashima, Y. Okada & A. Kato, 2010. Glauconite in Hematite-Quartz Rock in the Fault Crush Zone of Kan-nawa Reverse Fault at Hitotou, Yamakita-machi, Kanagawa Prefecture, Japan. *Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.)*, (39): 21-24.)

神奈川県山北町人遠に露出する神縄逆断層破砕帯を構成する丹沢層群本谷川層中の赤鉄鉱－石英岩中に、暗灰緑色の海緑石を確認した。海緑石は、厚さ 2 ～ 10cm の脈状または層状に濃集する。地層の境界とほぼ平行な割れ目に沿ってやや光沢のある暗灰緑色で切れ切れの薄い小片を成すものと、砂岩粒子をなす石英と同程度の大きさで径 0.1 mm 程度の大きさの粒状をなすものが認められる。エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー (EPMA) による組成分析を補正した結果、SiO₂ 49.99、Al₂O₃ 4.46、Fe₂O₃ 23.49、FeO 2.18、MgO 4.16、CaO 0.44、Na₂O tr、K₂O 8.65、計 93.37% を得た。残り 6.63% を H₂O とした実験式は、 $(K_{0.82}Ca_{0.04})_{\Sigma 0.86}(Fe^{3+}_{1.31}Mg_{0.46}Fe^{2+}_{0.14}Al_{0.10})_{\Sigma 2.01}[(OH)_2](Si_{3.71}Al_{0.29})_{\Sigma 4.00}O_{10}] \cdot 0.64H_2O$ となった。X 線粉末回折実験結果では、10.18 (強)、4.53 (中)、3.64 (中)、3.34 (強)、3.08 (弱)、2.58 (中強)、2.40 (中)、1.511 (中) の反射を確認した。これらは ICDD Card No. 9-439 に与えられた 2 M 型海緑石のものとよく一致する。本産地が丹沢山地を構成する広域変成岩帯の一部に含まれ、その中の沸石相に属するとされていることから、本産地の海緑石は沸石相程度の広域変成条件の産物であった可能性が大きい。

(受付 2009 年 11 月 20 日 ; 受理 2010 年 1 月 27 日)

神奈川県を中心としたカワトンボ属の分布

Distribution of Calopterygid Damselflies of the Genus *Mnais*
in Kanagawa Prefecture and its Adjacent Areas, Central Japan苅部治紀¹⁾・守屋博文²⁾・林 文男³⁾Haruki KARUBE¹⁾, Hirofumi MORIYA²⁾ & Fumio HAYASHI³⁾

Abstract. Two closely related species of *Mnais* damselflies, *M. pruinosa* Selys, 1853 and *M. costalis* Selys, 1869 (Odonata: Calopterygidae) are known in Kanagawa Prefecture. The previous studies of DNA sequences of the ITS1 region suggested that another group of *Mnais* is also distributed there. In this study, we sequenced 223-bp of ITS1 of 543 *Mnais* damselflies collected across Kanagawa Prefecture and its adjacent Shizuoka, Yamanashi, Tokyo, and Saitama Prefectures. Morphological measurements were also made for 404 male adult specimens. Obtained sequences consisted of three types, each corresponding to *M. pruinosa*, *M. costalis*, and another one. The last group was distributed in the central part of the studied region, being surrounded by either species, and had intermediate morphologies between the two species. Thus, this group seems to be a hybrid swarm derived from isolation of the past hybrid individuals of the two species. We discuss the possible geographic events in the past that affected the distribution patterns of them.

Key words: *Mnais*, Calopterygidae, hybrid, biogeography

はじめに

日本におけるカワトンボ属 *Mnais* の種分類学的取り扱いについては諸説があったが、Hayashi *et al.* (2004) によって、核 DNA の ITS1 領域の塩基配列と外部形態の解析から 2 種に分類された。その後、この説における学名と和名が整理され、種名はニホンカワトンボ *M. costalis* Selys, 1869 とアサヒナカワトンボ *M. pruinosa* Selys, 1853 とされた (Hämäläinen and van Tol, 2004, 2005; 日本蜻蛉学

会和名検討委員会, 2007)。この研究において日本中から得られた多くの標本に対して、核 DNA である ITS1 領域の塩基を調べる過程で、静岡県伊豆半島から神奈川県および山梨県南東部にかけて、この地域に固有の塩基配列をもつ個体群（伊豆個体群）が見いだされた (Hayashi *et al.*, 2004; 林ほか, 2004a, b, 2005)。伊豆半島を中心とするこの地域では、調査した ITS1 領域 223 塩基対のうち 132 番目と 156 番目に変異があり、そこが TA となっているものがニホンカワトンボ、CA となっているものがアサヒナカワトンボ、TG となっているものが伊豆個体群であった。ニホンカワトンボ、アサヒナカワトンボ、および伊豆個体群の 3 者は側所的分布を示す傾向があったが、予備的な調査の段階で、神奈川県では互いに分布が入り乱れ、複雑な様相を示すことが明らかになった。一方、オス成虫の外部形態（頭幅、前翅長、縁紋長、縁紋幅）に関しては、伊豆個体群はニホンカワトンボとは異なるが、アサヒナカワトンボとは区別できないとされている (Hayashi *et al.*, 2004)。しかし、調査した伊豆個体群のオス成虫の標本数は 18 と少なく、さらに詳細な比較検討が必要であると考えられた。幼虫の側尾鰓の形態に関し

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
苅部治紀: karube@nh.kanagawa-museum.jp

²⁾ 相模原市津久井町地域自治体事務所
〒220-0207 神奈川県相模原市津久井町中野 1681-1
Tsukui Branch Office, Sagami-hara City
1681-1 Nakano, Tsukui, Sagami-hara, Kanagawa 220-0207,
Japan

³⁾ 首都大学東京理工学研究科生命科学
〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1
Department of Biology, Tokyo Metropolitan University
1-1 Minami-osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan

ては、伊豆個体群はニホンカワトンボとアサヒナカワトンボの中間的形態を示し、かつ変異幅が大きい傾向がある。そのため、伊豆個体群は、2種の交雑個体に由来する個体群である可能性が指摘されている（林ら，2004a）。そこで、本研究では、神奈川県およびその近隣地域におけるこれら3グループの詳細な分布パターンの解明を目的とし、本当に側所的分布をするのかどうか、そうであればどこが分布の境界になっているのかを検討した。また、多くのオスの成虫に基づく外部形態の比較を行い、この個体群の形態的特徴についても検討した。

材料および方法

神奈川県、静岡県、山梨県、東京都、埼玉県の1都4県から採集された合計543個体（オス成虫405個体、メス成虫87個体、幼虫51個体）の標本について、ITS1領域の塩基配列を解析した。塩基配列を解析するために（方法の詳細についてはHayashi et al., 2004を参照）、まず、各個体より筋肉部分の組織片を取り、それらからフェノール・クロロホルム法によって全DNAを抽出した。抽出したDNAからPCRプライマー5'-TAGAGGAAGTAAAAGTCG-3'と5'-GCTTAAATTCAGCGG-3'を用い、核DNAの5.8SリボソームRNAを含むITS領域を通常のPCR法によって増幅した。得られたPCR産物はフィルター（Microcon 100, Millipore）に通して精製した。精製されたPCR産物は、5.8S rRNA上の中間のリバースプライマー5'-CCGAGTGATCCACCGTTTAGGAT-3'をシークエンス用プライマーとして、BigDye Terminator Cycle Sequencing FS Kit（Applied Biosystems, USA）を用い、ITS1領域のシークエンス反応を行った。エタノール沈澱をさせた後、ABI PRISM 377 シークエンサー（Perkin Elmer Biosystems, USA）を用いてそれらの塩基配列を決定した。

オスに関しては、頭幅（左眼の外縁から右眼の外縁まで）、前翅長（左前翅の先端から付け根まで）、縁紋長（左前翅の縁紋部の前縁長、翅脈の幅を含む）、縁紋幅（最も広い部位で翅脈の幅を含む）を測定した。頭幅と前翅長はノギスを用いて0.05 mm単位で測定し、縁紋は実体顕微鏡下（10倍拡大）で接眼マイクロメーターを使用して0.01 mm単位で測定した。また、雌雄とも成虫の標本に関して、後胸後腹板の斑紋を調べ、黄白色斑発達型（中央部に向かって左右から黄白色の帯模様が存在する）、黄白色斑欠如型（それが存在しない）、中間型（中央部に向かってわずかに黄白色斑が認められる）という3つの型を区別して記録した。ただし、オス成虫1個体については標本が破損しており、これらの外部形態に関するデータをとることができなかった。

結果

543個体全てについてITS1領域の塩基配列を解析した結果、Hayashi et al. (2004)によって報告されている132番目と156番目の塩基以外の変異は認められなかった。以下にその同定結果を列挙する（分類群のあとの括弧内には132番目と156番目の塩基をこの順で示す）。

研究標本

（DNA解析に使用した標本は、首都大学東京に保管）

ニホンカワトンボ (T,A) : 36 ♂ 7 ♀ 9 幼虫

【神奈川県】1幼虫，2003.2.5，川崎市麻生区黒川（桎一成）。1幼虫，2003.2.21，横浜市緑区三保（苅部治紀）。1幼虫，2003.3.5，綾瀬市吉岡東（二橋亮・苅部治紀）。3 ♂ 1 ♀，2004.5.17，綾瀬市早川湧水地（苅部治紀）。4 ♂，2003.4.29，相模原市陽光台（田口正男）。1 ♂，2004.5.15，相模原市田名塩田（守屋博文）。1 ♀，2004.5.15，相模原市磯部勝坂（守屋博文）。4 ♂ 1 ♀，2004.5.15，相模原市上溝虹吹（守屋博文）。1幼虫，2003.3.5，藤沢市石川（苅部治紀）。3 ♂，2005.5.5，平塚市土屋（苅部治紀）。1 ♂ 1 ♀，2004.5.19，平塚市上吉沢（苅部治紀）。2 ♂ 1 ♀，2004.5.19，大磯町寺坂観音寺上（苅部治紀）。2 ♂，2004.6.15，大磯町虫沢（苅部治紀）。1幼虫，2003.2.9，二宮町一色（桎一成・野崎隆夫）。3 ♂，2004.5.11，二宮町一色鉄砲田（槐真史）。4 ♂，2005.5.3，中井町松本中村川水系谷戸（苅部治紀）。1幼虫，2003.2.19，中井町雑色中村川（苅部治紀）。1幼虫，2002.10.26，秦野市菖蒲四十八瀬川（杉崎）。1幼虫，2003.1.6，秦野市三廻部四十八瀬川才戸橋（洲之瀬伸光）。2 ♂ 1 ♀，2005.6.1，秦野市千村（苅部治紀）。2 ♂ 1 ♀，2004.5.19，小田原市沼代（苅部治紀）。1 ♂，2005.6.1，松田町向山酒匂川左岸用水（苅部治紀）。1幼虫，2003.2.10，南足柄市沼田（苅部治紀）。

【東京都】1 ♂，2000.6.6，稲城市坂浜南の谷（林友彦）。1 ♂，1996.5.31，八王子市長沼公園（須田真一）。1 ♂，2003.6.7，町田市上小山田町小山田（田口正男）。

【埼玉県】1 ♂，2000.7.1，富士見市諏訪（鶴飼貞行）。

アサヒナカワトンボ (C,A) : 214 ♂ 47 ♀ 25 幼虫

【神奈川県】1幼虫，2003.1.8，横浜市磯子区大岡川氷取沢（金田彰二）。1 ♂，1983.3.20羽化，横浜市栄区いたち川瀬上沢（金田彰二）。1幼虫，2003.1.16，逗子市池子舞台橋（洲澤譲）。1 ♂，2001.4.27，逗子市久木（土畑重人）。1幼虫，2003.1.14，葉山町森戸川（洲之内伸光）。5 ♂ 1 ♀，2002.4.24，葉山町森戸川（松尾洋）。1幼虫，2003.1.21，葉山町木古庭下山川不動橋（洲之内伸光）。1 ♂，2005.5.14，横須賀市前田川（川島逸郎）。1 ♂，2006.5.31，横須賀市秋谷前田川（苅部治紀）。2 ♂ 1 ♀，2005.5.14，横須賀市野比字谷戸ノ田（川島逸郎）。1 ♀，2006.5.30，横須賀市津久井（苅部治紀）。4 ♂，2005.5.14，三浦市南下浦町菊名水間様（川島逸郎）。5 ♂，2006.5.31，三浦市三戸神田（苅部治紀）。3 ♂，2006.5.31，三浦市小網代（苅部治紀）。1幼虫，2003.2.25，鎌倉市十二所吉沢川（齋藤慎哉）。5 ♂，2005.5.1，鎌倉市山崎（苅部治紀）。3 ♂ 1 ♀，2005.5.1，鎌倉市腰越広町緑地（苅部治紀）。2 ♂，2007.6.6，藤沢市川名湧水（尾園亜美）。1幼虫，2003.3.5，愛川町平山（苅部治紀）。1 ♂，2004.5.26，愛川町平山橋（苅部治紀）。1幼虫，2003.2.8，愛川町尾山中津川（窪田迅郎）。5 ♂，2004.5.26，愛川町尾山河原（苅部治紀）。1 ♂ 1 ♀，2006.6.14，愛川町田代道ノ入沢（藤田裕）。3 ♂，2006.5.12，愛川町半原塩川添（藤

田裕). 1 ♂, 2004.5.31, 愛川町半原細野 (荏部治紀). 2 ♂, 2004.5.31, 愛川町半原宮沢 (荏部治紀). 4 ♂ 1 ♀, 2004.5.26, 愛川町角田 (荏部治紀). 5 ♂, 2005.6.17, 愛川町三増栗沢 (藤田裕). 1 ♂, 2004.6.7, 愛川町八菅尾山 (荏部治紀). 1 ♂, 2006.6.3, 愛川町八菅尾山 (荏部治紀). 1 ♂, 2006.5.29, 愛川町八菅山いこいの森大沢上流 (藤田裕). 2 ♂ 1 ♀, 2006.5.29, 愛川町棚沢 - 八菅山大沢 (藤田裕). 2 ♂ 1 ♀, 2005.6.17, 愛川町志田沢 (藤田裕). 4 ♂, 2005.6.7, 厚木市上荻野陽福寺岩倉沢 (荏部治紀・藤田裕). 1 ♂, 2004.5.29, 厚木市上荻野陽福寺 (荏部治紀). 1 ♂, 2004.5.29, 厚木市上荻野大厚木カントリークラブ横 (荏部治紀). 4 ♂ 1 ♀, 2004.5.29, 厚木市上荻野老人ホーム敬和荘前 (荏部治紀). 1 幼虫, 2003.3.5, 厚木市中荻野 (二橋亮・荏部治紀). 3 ♂ 2 ♀, 2004.5.29, 厚木市中荻野無道谷 (荏部治紀). 1 ♂, 2005.6.21, 厚木市中荻野運動公園北 (荏部治紀). 1 ♂, 2005.6.7, 清川村舟沢小鮎川支流 (荏部治紀・藤田裕). 1 ♀, 2004.6.7, 相模湖町若柳 (荏部治紀). 1 ♂ 2 ♀, 2005.6.9, 相模湖町関口石老山入口 (荏部治紀). 1 ♀, 2003.5.5, 相模湖町奥畑 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2005.6.8, 相模湖町美女谷 (荏部治紀). 1 ♂, 2003.5.18, 城山町雨降 (田口正男). 1 幼虫, 2002.11.11, 城山町川尻小松 (守屋博文). 1 幼虫, 2002.12.4, 城山町小松橋 (洲之内伸光). 2 ♂ 1 ♀, 2004.5.15, 城山町葉山島明音寺相模川右岸流入河川 (守屋博文). 1 ♀, 2004.5.15, 城山町葉山島藤木 (守屋博文). 1 幼虫, 2002.11.11, 城山町葉山島藤木 (守屋博文). 6 ♂, 2004.5.15, 津久井町青山青山川 (守屋博文). 2 ♂, 2007.6.4, 津久井町梶野 (荏部治紀・尾園暁). 2 ♂, 2007.6.4, 津久井町下原 (荏部治紀・尾園暁). 8 ♂ 2 ♀, 2005.6.7, 津久井町鳥屋谷戸 (荏部治紀・藤田裕). 1 ♂ 1 ♀, 2004.5.15, 津久井町鳥屋西門串川 (守屋博文). 1 ♂, 2005.6.7, 津久井町鳥屋御判場橋 (荏部治紀). 1 ♂, 2005.6.7, 津久井町鳥屋東陽寺横 (荏部治紀). 1 ♂, 2005.6.7, 津久井町鳥屋道場 (荏部治紀). 4 ♂ 1 ♀, 2004.5.15, 津久井町中野大沢 (大沢川) (守屋博文). 4 ♂ 1 ♀, 2004.5.26, 津久井町長竹三増峠北 (荏部治紀). 6 ♂, 2004.5.31, 津久井町葦尾根 (荏部治紀). 1 ♂, 2007.6.4, 津久井町西沢上流 (荏部治紀・尾園亜美). 6 ♂, 2004.5.15, 津久井町根小屋稲生 (守屋博文). 1 ♂, 2007.6.4, 津久井町東開戸 (荏部治紀・尾園暁). 1 ♂, 1997.6.29, 藤野町上沢井 (福井順治). 4 ♂, 2005.6.7, 藤野町上沢井沢井川 (荏部治紀・藤田裕). 1 ♂, 2005.6.7, 藤野町石砂山中沢 (藤田裕). 1 ♂, 2007, 藤野町綱子 (荏部治紀). 1 ♂ 1 ♀, 2007, 藤野町篠原 (荏部治紀). 1 ♂ 1 ♀, 2001.6.2, 藤野町沢井川 (庄子恭平).

【静岡県】1 ♀, 1999.5.30, 富士市今泉 (八木孝彦). 1 ♂, 1996.6.16, 富士市比奈 (福井順治). 2 ♂, 2002.6.8, 蒲原町小金 (福井順治). 1 幼虫, 2002.3.9, 川根町家山 (加藤哲男). 1 ♂, 2002.5.18, 菊川町下倉沢 (福井順治). 1 ♀, 2002.4.3 羽化, 掛川市黒俣 (加藤哲男). 1 ♂, 2002.5.12, 春野町長沼 (加藤哲男). 1 幼虫, 2001.12.29, 森町百古里川源流部 (加藤哲男). 1 幼虫, 2001.12.23, 森町中村 (加藤哲男). 1 ♂, 2002.4.28, 森町大上 (加藤哲男). 1 幼虫, 2002.1.1, 豊岡村蛙 (加藤哲男). 1 ♂, 2002.5.18,

天竜市米沢 (加藤哲男). 1 ♂, 1999.5.8, 浜松市和合村 (八木孝彦). 1 幼虫, 2002.2.24, 湖西市大知波 (加藤哲男).

【山梨県】7 ♂ 4 ♀, 1997.6.29, 上野原町芦垣 (加藤哲男). 1 ♂ 1 ♀, 2006.5.21, 上野原町ゆずりはら (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2006.5.21, 上野原町芦瀬 (林文男). 1 ♂, 2005.6.7, 大月市七保町用沢 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2006.5.24, 大月市七保町下和田 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2005.6.1, 大月市梁川町斧窪 (林文男). 1 ♂, 1999.5.30, 塩山市神戸 (八木孝彦). 3 ♂, 2006.6.4, 塩山市福生里 (林文男). 3 ♂ 1 ♀, 2006.6.4, 塩山市平沢竹森川 (林文男). 1 幼虫, 2002.11.30, 上九一色村本郷芦川支流寺川 (加藤哲男). 1 ♂, 1996.6.15, 甲府市下積翠寺 (八木孝彦). 1 幼虫, 2002.11.30, 豊富村水上 (加藤哲男). 1 幼虫, 2002.11.30, 三珠町畑熊芦川本流部 (加藤哲男). 1 幼虫, 2002.11.10, 市川大門町芦久保帯那川 (加藤哲男). 1 ♂, 1996.6.16, 白根町塩前 (八木孝彦). 1 ♂, 2006.5.24, 大月市富浜町鳥沢円福寺横 (林文男). 3 ♀, 2006.5.24, 大月市富浜町鳥沢円福寺下 (林文男). 2 ♂, 2002.6.1, 白州町上教来石 (林文男). 1 ♂, 1995.6.25, 小淵沢町上久保 (福井順治). 2 ♂, 2006.6.19, 三富村西ノ平 (林文男). 6 ♂, 2006.6.19, 三富村雷川 (林文男). 1 ♂, 2002.6.16, 身延町塩之沢 (林文男).

【東京都】1 幼虫, 2002.11.10, 八王子市西寺方町元木橋 (喜多英人・二橋亮・土畑重人). 1 ♂, 2002.6.8, 八王子市廿里町 (林文男). 1 ♂, 1999.7.17, 八王子市廿里町 (林文男). 2 ♂, 2008.5.6, 八王子市城山手陵東公園 (林文男). 2 ♂, 2003.6.7, 八王子市上恩方村黒沼田 (田口正男). 1 ♂, 2002.5.4, 八王子市裏高尾町小仏川 (土屋香織). 1 ♂, 2000.5.14, 八王子市裏高尾町日影沢 (土畑重人). 1 ♂, 2003.5.11, 八王子市裏高尾町日影 (田口正男). 1 幼虫, 2002.11.10, あきる野市上菅生鯉川 (喜多英人・二橋亮・土畑重人). 1 ♂, 2003.5.22, あきる野市養沢センター (林文男). 1 ♂, 2003.5.22, あきる野市十里木養沢川下流 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2007.5.27, 日の出町細尾 (林文男). 1 ♂, 2007.5.27, 日の出町東細尾 (林文男). 2 ♂, 2007.5.27, 日の出町つるつる温泉～白岩滝入り口 (林文男). 2 ♂ 1 ♀, 2007.5.27, 日の出町つるつる温泉 (林文男). 1 ♂, 2007.5.27, 日の出町白岩滝入り口 (林文男). 1 ♂, 2007.5.27, 日の出町慶福時 (林文男). 1 幼虫, 2002.11.10, 青梅市二俣尾 (二橋亮・喜多英人・土畑重人). 1 ♂, 1996.5.25, 青梅市大荷田川 (須田真一). 1 幼虫, 2002.11.10, 青梅市小曾木 (二橋亮・土畑重人). 1 ♂, 2005.5.17, 青梅市御岳山綾広の滝 (不明). 2 ♂, 2006.6.29, 檜原村藤倉白岩沢 (林文男). 2 ♂, 2006.6.29, 檜原村弘沢の滝 (林文男). 1 ♂, 2007.6.3, 檜原村南郷出野沢 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2007.6.3, 檜原村南郷熊倉沢下 (林文男). 2 ♂ 2 ♀, 2007.6.3, 檜原村南郷熊倉沢上 (林文男). 1 ♀, 2004.7.9, 奥多摩町大丹波川上流 (林文男).

【埼玉県】5 ♂, 2006.6.1, 飯能市正丸 (林文男). 1 幼虫, 2002.10.31, 東松山市上唐子 (中野あゆみ). 2 ♀, 2006.6.1, 日高市武蔵横手 (林文男). 2 ♂, 2002.6.9, 寄居町末野 (土畑重人・新井裕). 1 ♂, 2006.6.1, 大滝村三峰口 (林文男).

伊豆個体群 (T, G) : 155 ♂ 32 ♀ 17 幼虫

【神奈川県】1 ♂, 2007.6.4, 藤野町綱子 (荻部治紀). 1 ♂, 2005.6.7, 藤野町石砂山中沢 (藤田裕). 1 幼虫, 2002.12.16, 津久井町道場串川 (洲之内伸光). 1 ♂, 2004.5.15, 津久井町鳥屋松茸山水沢川 (守屋博文). 1 ♂, 2005.6.7, 津久井町鳥屋平戸 (荻部治紀・藤田裕). 3 ♂, 2007.6.4, 津久井町東開戸 (荻部治紀・尾園暁). 1 ♂, 2004.5.31, 愛川町半原細野 (荻部治紀). 1 幼虫, 2003.3.5, 厚木市七沢 (二橋亮・荻部治紀). 3 ♂ 1 ♀, 2004.5.29, 厚木市上古沢厚木霊園横 (荻部治紀). 2 幼虫, 2002.12.29, 伊勢原市日向薬師 (土畑重人). 6 ♂, 2004.5.29, 伊勢原市日向薬師日向川 (荻部治紀). 4 ♂ 1 ♀, 2004.5.29, 伊勢原市日向諏訪坂下 (荻部治紀). 2 ♂, 2006.5.10, 伊勢原市善波川支流勝興寺横 (荻部治紀). 2 幼虫, 2003.3.5, 清川村柿ノ木平 (二橋亮・荻部治紀). 1 ♂, 2004.5.29, 清川村本谷大門嵐沢 (荻部治紀). 3 ♂ 2 ♀, 2005.6.7, 清川村舟沢小鮎川支流 (荻部治紀・藤田裕). 3 ♂, 2004.5.29, 清川村煤ヶ谷谷太郎川 (荻部治紀). 1 ♂, 2005.6.7, 清川村煤ヶ谷別所温泉 (荻部治紀). 1 幼虫, 2002.12.20, 秦野市蓑毛金目川 (洲之内伸光). 1 ♂ 1 ♀, 2006.5.10, 秦野市横野唐沢川 (荻部治紀). 3 ♂, 2006.5.10, 秦野市菩提山内橋 (荻部治紀). 2 ♀, 2006.5.10, 秦野市菩提葛葉川 (荻部治紀). 2 ♂ 1 ♀, 2005.6.1, 秦野市名古屋 (荻部治紀). 2 ♂, 2005.6.1, 秦野市寺山中丸橋 (荻部治紀). 2 ♂ 1 ♀, 2006.5.10, 秦野市鶴巻弘法山石座神社谷戸 (荻部治紀). 4 ♂, 2004.6.8, 松田町寄虫沢 (荻部治紀). 2 ♂, 2005.6.1, 松田町向山酒匂川左岸用水 (荻部治紀). 2 ♂ 1 ♀, 2005.5.26, 山北町向原尺里川 (荻部治紀). 2 ♂, 2006, 山北町師山酒匂川右岸 61 (荻部治紀). 2 ♂, 2006, 山北町師山酒匂川右岸 60 (荻部治紀). 2 ♂ 1 ♀, 2005.5.26, 山北町人遠皆瀬川 (荻部治紀). 3 ♂, 2005.5.26, 山北町峠畑沢 (荻部治紀). 1 ♂ 1 ♀, 2005.5.26, 山北町大野山イマン沢 (荻部治紀). 2 ♂ 2 ♀, 2005.5.8, 南足柄市三竹 (荻部治紀). 1 幼虫, 2003.2.10, 南足柄市地藏堂 (荻部治紀). 4 ♂, 2005.5.2, 南足柄市関本見沢川 (荻部治紀). 1 ♂, 2006.5.6, 南足柄市怒田 (荻部治紀). 2 ♂ 2 ♀, 2004.6.2, 南足柄市怒田池の窪洞川上流 (荻部治紀). 3 ♂ 1 ♀, 2004.5.12, 南足柄市広町上総川 (荻部治紀). 4 ♂, 2004.6.2, 南足柄市塚原矢指場 (荻部治紀). 1 ♂, 2002.6.4, 南足柄市内山 (小林貞). 1 幼虫, 2003.2.18, 小田原市入生田 (荻部治紀). 3 ♂ 1 ♀, 2004.5.3, 小田原市久野坊所坊所川 (荻部治紀). 2 ♂, 2004.5.19, 小田原市久野坊所坊所川 (荻部治紀). 3 ♂, 2004.5.19, 小田原市久野船原九野川 (荻部治紀). 2 ♂, 2004.6.12, 小田原市上水之尾 (荻部治紀). 3 ♂, 2004.6.15, 小田原市入生田 (高桑正敏). 3 ♂, 2004.5.17, 小田原市根府川白糸川 (荻部治紀). 1 幼虫, 2003.1.29, 箱根町仙石原早川 (洲之内伸光). 1 幼虫, 2003.2.18, 箱根町仙石原 (荻部治紀). 4 ♂, 2004, 箱根町仙石原湿原 (荻部治紀). 2 ♂ 1 ♀, 2004.5.28, 箱根町畑宿 (荻部治紀). 1 ♂, 2004.5.28, 箱根町小涌谷千尋の滝 (荻部治紀). 1 幼虫, 2003.1.22, 湯河原町藤木川蛇態沢 (洲澤謙). 1 幼虫, 2003.1.25, 湯河原町新崎川幕山大石平 (洲之内伸光).

【静岡県】1 ♂, 2006.4.24, 熱海市泉中沢林道 (勝山輝男). 1 ♂, 1994.5.29, 伊東市十足 (福井順治). 1 ♂, 1992.5.3, 修善寺町大沢 (福井順治). 1 ♂, 1992.6.21, 中伊豆町万城の滝 (福井順治). 1 ♂, 2005.5.19, 天城湯ヶ島町猫越 (林文男). 1 ♂, 2005.5.19, 天城湯ヶ島町湯ヶ島温泉 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2008.7.12, 河津町上佐ヶ野林道 (高桑正敏). 4 ♂, 2002.8.31, 清水町柿田川 (野崎隆夫). 1 幼虫, 2003.3.1, 清水町柿田川 (野崎隆夫). 1 ♂, 1996.6.16, 富士市須津 (福井順治).

【山梨県】4 ♂ 1 ♀, 2005.6.12, 上野原町飯尾鶴川 (林文男). 2 ♂ 3 ♀, 2006.6.29, 小菅村川久保宮川 (安野瀬礼那). 2 ♂, 2005.6.12, 小菅村 (林文男). 1 ♀, 2006.7.22, 丹波山村丹波貝沢川 (林文男). 3 ♂ 1 ♀, 2005.6.7, 大月市七保町用沢 (林文男). 1 ♂, 1997.6.29, 大月市笹子町白野滝子沢 (福井順治). 1 ♂, 2006.5.24, 大月市富浜町宮谷川上流 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2005.6.1, 大月市梁川町立野月尾根沢 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2004.7.3, 道志村長又鳥屋沢 (林文男). 2 ♂, 2007.8.5, 道志村善之木西沢菰釣山北麓 (荻部治紀). 2 ♂, 2007.6.16, 道志村室久保川上流湯花ノ湯 (藤田裕). 2 ♂ 1 ♀, 2007, 道志村田代 (荻部治紀). 2 ♂, 2002.6.16, 都留市鹿留 (河瀬直幹). 1 ♂, 2002.7.18, 大和村日川少し下 (松尾洋, 土屋香織). 1 ♂, 2002.7.18, 大和村日川 (松尾洋, 土屋香織). 3 ♂, 2002.7.3, 大和村日川 (松尾洋). 2 ♂ 1 ♀, 2005.6.8, 勝沼町中原大滝川 (林文男). 1 幼虫, 2002.11.10, 八代町奈良原 (加藤哲男). 1 幼虫, 2002.11.10, 芦川村鶯宿入沢 (加藤哲男). 1 ♂, 1995.7.8, 芦川村鶯宿入沢 (福井順治). 1 幼虫, 2002.11.30, 上九一色村本郷芦川支流寺川 (加藤哲男).

【東京都】1 ♂, 2006.6.29, 檜原村藤原惣角沢 (林文男). 1 ♂, 2006.6.10, 檜原村笛吹森沢 (林文男). 2 ♂, 2006.6.29, 檜原村倉掛白岩沢 (林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2006.6.10, 檜原村数馬 (林文男). 3 ♂, 2006.6.20, 奥多摩町三沢峰谷川 (安野瀬礼那, 林文男). 4 ♂, 2006.6.20, 奥多摩町下り峰谷川 (安野瀬礼那, 林文男). 1 ♂ 1 ♀, 2006.6.20, 奥多摩町下り - 三沢峰谷川 (安野瀬礼那, 林文男).

アサヒナカワトンボ×伊豆個体群 (C/T, A/G) : 1 ♀

【神奈川県】1 ♀, 2004.5.29, 厚木市上荻野陽福寺 (荻部治紀).

神奈川県内の既知産地のうち、絶滅したと考えられる地点
川崎市麻生区柿生; 多摩区生田緑地, 溝ノ口〜梶ヶ谷, 登戸; 横浜市緑区道正; 旭区; 瀬谷区瀬谷町, ニッ橋町, 戸塚区岡津町, 上白根町

神奈川県内の既知産地のうち、調査できなかった地点
旭区大池町, 矢指町, 横須賀市衣笠山; 長坂沢山池; 野比; 長沢; 武三丁目; 鷹取山, 三浦市江奈, 山北町水の木沢

分布様式

今回の調査結果から、ニホンカワトンボ、アサヒナカワトンボ、伊豆個体群は、それぞれほぼ側所的に分布することが明らかとなった (図 1)。また、アサヒナカワ

トンボと伊豆個体群の分布境界線上にある厚木市上荻野で、それらの交雑個体が得られた。埼玉県から静岡県に至る今回の調査域においては、ニホンカワトンボは、埼

玉県および東京都の平野部から神奈川県海岸部の平野部まで分布することが明らかになった（図2）。

以下に既知産地のほぼ全てを調査し、詳細が明らかに

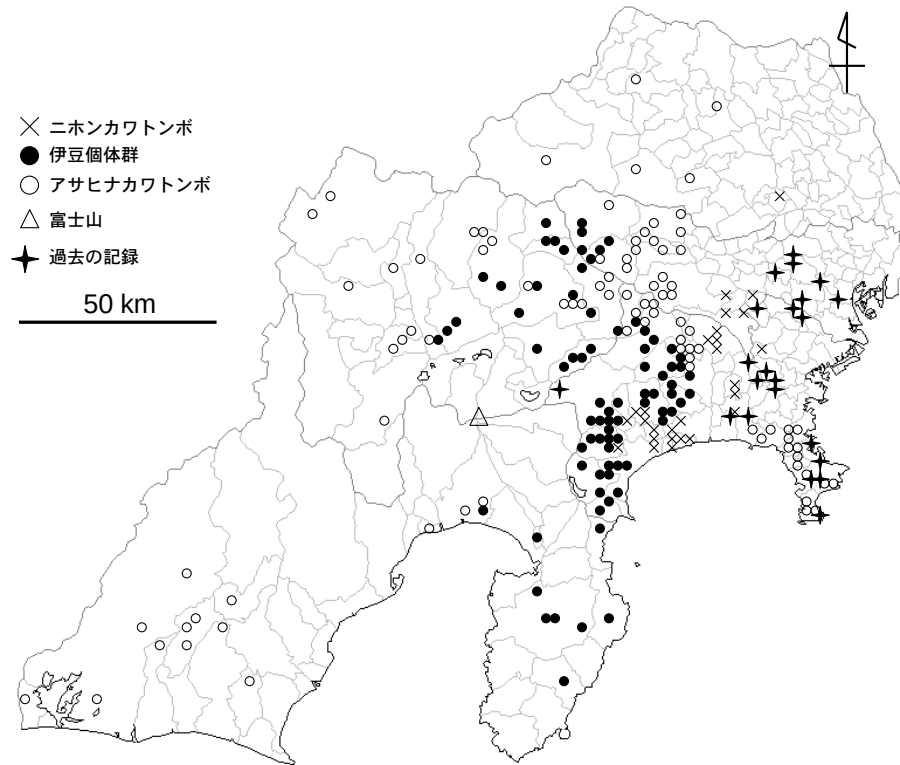


図1. 埼玉県、東京都、神奈川県、静岡県、山梨県におけるニホンカワトンボ *Mnais costalis*、アサヒナカワトンボ *M. pruinosa*、および両種の交雑由来集団と考えられる伊豆個体群の分布。図中の線は行政区を示す。東京都における過去の記録については、オカザキ（1930）、Asahina（1976）、日置ほか（2000）、須田（2002）に基づく。

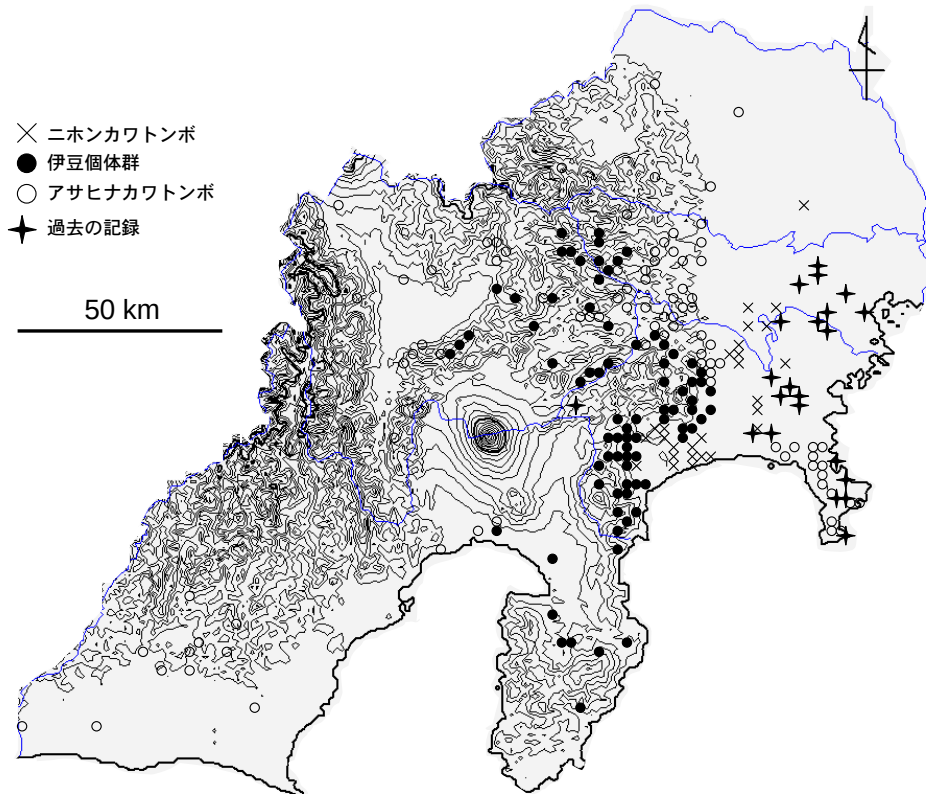


図2. 埼玉県、東京都、神奈川県、静岡県、山梨県におけるニホンカワトンボ *Mnais costalis*、アサヒナカワトンボ *M. pruinosa*、および両種の交雑由来集団と考えられる伊豆個体群の分布。図中の線は200 m 間隔の等高線を示す。

なった神奈川県内の分布について述べる。神奈川県内では、ニホンカワトンボは、多摩丘陵、相模原台地を南下し、相模川以西では相模湾沿岸に位置する大磯丘陵ぞいに酒匂平野まで西に分布を広げている。本種は、県東部では徹底した都市開発のため、産地は市民の森などの保全緑地の源流部に残存している状況で、過去に記録された産地の多くで絶滅していた。横浜市西部、川崎市南西部、藤沢市西部境川流域などの記録地は、現在の分布状況から判断して、ニホンカワトンボの分布域だったものと考えられる。同様に、東京都東部の分布域（すべて絶滅）もニホンカワトンボであったものと考えられる。なお、県東南部の三浦半島においては、県北部の旧藤野町を中心に分布するアサヒナカワトンボが隔離分布しており、これは、半島先端部から半島基部の円海山周辺まで分布を広げており、柏尾川南岸の鎌倉市腰越と藤沢市川名清水が分布の西限になっている。ニホンカワトンボ分布域である藤沢市石川とアサヒナカワトンボ分布地の藤沢市川名清水とは 10 キロほど離れている。現状から判断すると、この両種の境界は、南北に流れる柏尾川一境川ー引地川の間に存在したはずだが、この間の地域は現在では都市化が著しくカワトンボ類の生息は確認できなかった。

ニホンカワトンボの分布域は、相模川を渡り西に延びる。大磯丘陵は本種の分布圏であり、丘陵北部では、金目川と四十八瀬川を結ぶ線以南がその分布域となり、その北部には近接して伊豆個体群が分布する。なお、ニホンカワトンボは大磯丘陵の西端まで確認された一方、酒匂平野では記録がなく、ほぼ酒匂川左岸が分布限界といえるが、1箇所だけ右岸の丘陵末端部の南足柄市沼田に生息地がある。この酒匂川右岸の丘陵地末端部も開発が著しく、この沼田以外には、現在生息できる環境が残っていない。右岸でもやや標高の高い丘陵部には伊豆個体群が広く分布するが、かつては沼田以外の右岸にも広くニホンカワトンボが分布していた可能性も考えられ、沼田の生息地はその残存と見ることもできよう。ニホンカワトンボの遺存的に見える分布は、伊豆個体群の進出と排除によるものとも考えることもできる。

一方、伊豆個体群は、伊豆半島から箱根・丹沢山地ぞいに分布を広げており、前述のように、大磯丘陵北部でニホンカワトンボと分布を接しながら、県北部に達し、小鮎川南岸まで達する。中津川水系はアサヒナカワトンボの分布域となり、南部の標高 600 m 程度の山塊が分水嶺かつ両者の分布境界となる。伊豆個体群の分布の北端は、県内では串川上流部、道志川南部の一角でアサヒナカワトンボと分布を接しながら終わっているように見えるが、実際には山梨東部、東京北西部まで、アサヒナカワトンボと複雑に入り組んだ形で分布している。

アサヒナカワトンボは、前記した三浦半島のほか、県北部では相模湖以北の旧藤野町から旧相模湖町北部をとおり、東は旧城山町城山ダム周辺まで、相模湖南部では、石砂山、旧相模湖町南部、津久井湖南部をとおり、相模川右岸ぞいに、中津川流域の厚木市中荻野まで分布する。この分布圏の南端では、各所で伊豆個体群との混生が確認されていることは既述のとおりである。ニホンカ

ワトンボとは、大きくは相模川を境に東側がニホンカワトンボ、西側がアサヒナカワトンボとなる。城山町城山ダムから八王子市長沼までの間にその分布境界が存在する（した）はずだが、この地域も都市化が著しい地域で調査は困難になっている。おそらく城山ダムを含む境川上流域がアサヒナカワトンボ、その下流はニホンカワトンボとなり、集水域の異なる多摩丘陵東側の多摩川水系は、ニホンカワトンボの分布域ではないかと考えられるが、これは今後の詳細調査を待ちたい。

なお、分布接点付近では、同所的な分布も確認されており、境界部である松田町の酒匂川の左岸用水路ではニホンカワトンボと伊豆個体群が、愛川町半原細野と津久井町鳥屋周辺、藤野町石砂山中沢ではアサヒナカワトンボと伊豆個体群の両グループがそれぞれ同所的に見つかっている。

カワトンボ類の分布の空白域や非常に個体密度が薄い地域と地史の関係については、考察の部分で述べる。

神奈川を中心としてももう少し広い範囲を概観すると（図 2）、伊豆個体群は、伊豆半島から山梨県東部を越えて東京都西部にまで分布している。富士山は火山性土壌のために、降雨は地下深くに浸透して伏流してしまうため、山麓部を除いて水系が未発達である。そのため、カワトンボ属の分布の空白地が形成されている。伊豆個体群は、その富士山の東部を迂回するようにおよそ 200 m の等高線にそって分布域が北へ伸び、西は甲府盆地の縁まで、北は多摩川水系の最上流部にまで達している。アサヒナカワトンボは、神奈川県中北部から伊豆個体群を取り囲むように富士山西部山麓にかけて分布する。

同一水系にも、アサヒナカワトンボと伊豆個体群の両方が認められることが多い。例えば、多摩川では、浅川水系にはアサヒナカワトンボのみが生息するが、秋川水系では南秋川と北秋川の上流部にそれぞれ伊豆個体群が入り込んでいる。また、本流では奥多摩湖周辺より上流部に伊豆個体群が見いだされる。

外部形態

オスの翅色に関しては、ニホンカワトンボでは 21 個体（58.3%）が無色型、15 個体（41.7%）が部分有色型、アサヒナカワトンボでは 139 個体（65.0%）が無色型、75 個体（35.0%）が部分有色型であった。伊豆個体群においても、94 個体（60.6%）が無色型、61 個体（39.4%）が部分有色型であった。メスの翅色に関しては、ニホンカワトンボ（7 個体）、アサヒナカワトンボ（47 個体）、伊豆個体群（32 個体）のいずれもが無色型であった。アサヒナカワトンボと伊豆個体群の雑種第 1 代と考えられるメス（1 個体）も無色型であった。

表 1. 各集団の雌雄の成虫の後胸後腹板の黄白色斑の発達の程度。

性	集団	黄白色斑			計
		発達型	中間型	欠如型	
オス	ニホンカワトンボ	4	1	31	36
	伊豆個体群	12	7	136	155
	アサヒナカワトンボ	160	11	42	213
メス	ニホンカワトンボ	0	0	7	7
	伊豆個体群	0	0	32	32
	アサヒナカワトンボ	20	6	21	47

表2. ニホンカワトンボ、アサヒナカワトンボ、伊豆個体群のオス成虫の外部形態。

集団	測定値	頭幅 (mm)	前翅長 (mm)	前翅長/頭幅	縁紋長 (mm)	縁紋幅 (mm)	縁紋長/縁紋幅
ニホンカワトンボ	平均値	6.16	37.83	6.14	1.57	0.76	2.08
	個体数	36	36	36	36	36	36
	標準偏差	0.18	1.62	0.18	0.22	0.06	0.36
伊豆個体群	平均値	6.39	38.23	5.98	1.48	0.79	1.86
	個体数	155	155	155	153	153	153
	標準偏差	0.20	2.01	0.20	0.21	0.07	0.22
アサヒナカワトンボ	平均値	6.21	37.03	5.96	1.40	0.80	1.75
	個体数	212	213	212	213	213	213
	標準偏差	0.22	1.87	0.18	0.22	0.06	0.25
分散分析 (ANOVA)	P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0014	<0.0001

アサヒナカワトンボでは頭幅について1個体の、伊豆個体群では縁紋について2個体の欠測値がある。

後胸後腹板の斑紋に関しては、ニホンカワトンボと伊豆個体群では黄白色斑欠如型が多く、アサヒナカワトンボでは発達型が多い傾向があった(表1)。アサヒナカワトンボと伊豆個体群の雑種第1代と考えられるメス(1個体)では黄白色斑発達型であった。

オスの頭幅、前翅長、縁紋長、縁紋幅に関しては、ニホンカワトンボ36オス、伊豆個体群155オス、アサヒナカワトンボ213オスの測定結果から、この順で、前翅長/頭幅比は6.14、5.99、5.96と小さくなり、縁紋長/縁紋幅比も2.08、1.86、1.75とやはり小さくなった(表2)。つまり、伊豆個体群はニホンカワトンボとアサヒナカワトンボの中間的形態を示した。

考察

ITS1の塩基配列に基づく2種の区別が行われる前の報告であるが、神奈川県におけるカワトンボ属の分布については、小口(1996)の詳細な報告がある。そこで示されているように、1都4県からなる今回の調査範囲でも、ニホンカワトンボ、アサヒナカワトンボ、伊豆個体群のいずれにおいてもオスには無色型と部分有色型の翅色多型があるが、メスには無色型のみしか見いだされなかった。また、後胸後腹板の斑紋に関しても、全体としてはニホンカワトンボと伊豆個体群に類似性が認められたが、同種の同一地域集団内にも個体差がみられ、この形質は種間の差異を反映していないと考えられる。

小口(1996)では、丹沢箱根群、三浦丘陵群、藤野群の3集団が区別されている。それら3群の分布の境界については今回の結果とは異なるが、およそ、丹沢箱根群が伊豆個体群に、三浦丘陵群がアサヒナカワトンボの三浦半島集団に、藤野群がアサヒナカワトンボに相当すると思われる。また、丹沢箱根群とされているもののうち、平塚市土屋、藤沢市遠藤、藤沢市石川、横浜市緑区の集団がニホンカワトンボであると推定される。

このような神奈川県内のカワトンボ類の分布は、地史の影響をかなり反映していると考えられる。まず、カワトンボ類全般に言える大きな特徴は、沖積平野には分布しない、ということである(図3、4)。湘南から相模川中流にかけての空白域、酒匂平野の空白域や横浜・川崎市東部の空白域は、地質図から見るとすべて沖積平野であり(松島・平田, 1988)、これはカワトンボ類の分布空白域とよく一致する。海進や火山灰などのさまざまな地学的なイベントの影響で分布を縮小した個体群が、再度

あるいは新たに分布を拡大することで現在の分布域が形成されてきたわけだが、その際にも沖積平野には進出していないことは興味深い。現在の沖積平野は、6000年前の縄文海進の際に海中に没した地域が主であり、6000年ではその打撃から回復していないといえよう。一方、三浦半島先端部は8万年前の垂間氷期には海中にあったが、その後の隆起で現在海岸段丘となっている地域(三崎台地)で、アサヒナカワトンボが進出している。また、分布の欠如や非常に個体密度が薄い地域として、西丹沢の南面が挙げられる。この地域では、隣接した箱根地域などのカワトンボ生息地と概観の良く似た渓流域での度重なる調査でも、まったく確認できない地域が広く存在した。西丹沢北面の道志川流域では、カワトンボ類は他地域と比較すると少ない印象はあるが、広く見られる。今のところ、この地域のカワトンボ類の欠落原因については不明である。

カワトンボ類において注目される分布のひとつは、三

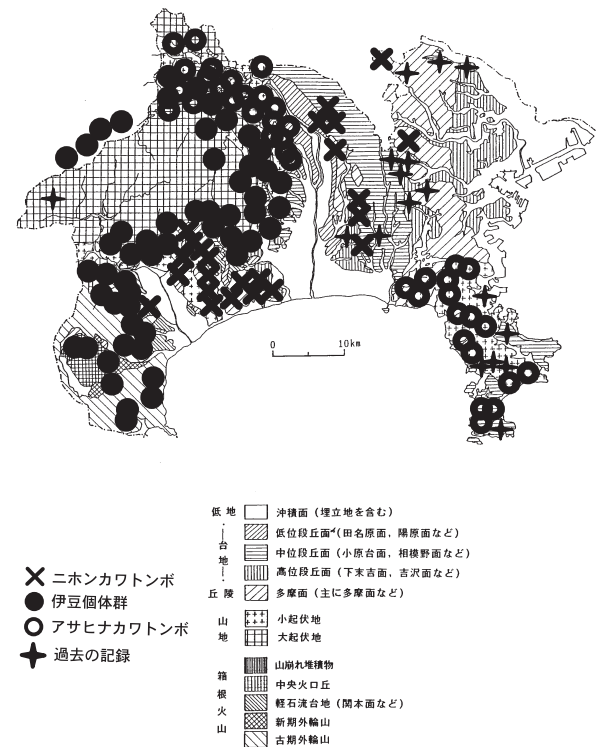


図3. 神奈川県におけるカワトンボ類の分布図。地形分類図(松島・平田, 1988)との重ね合わせ。

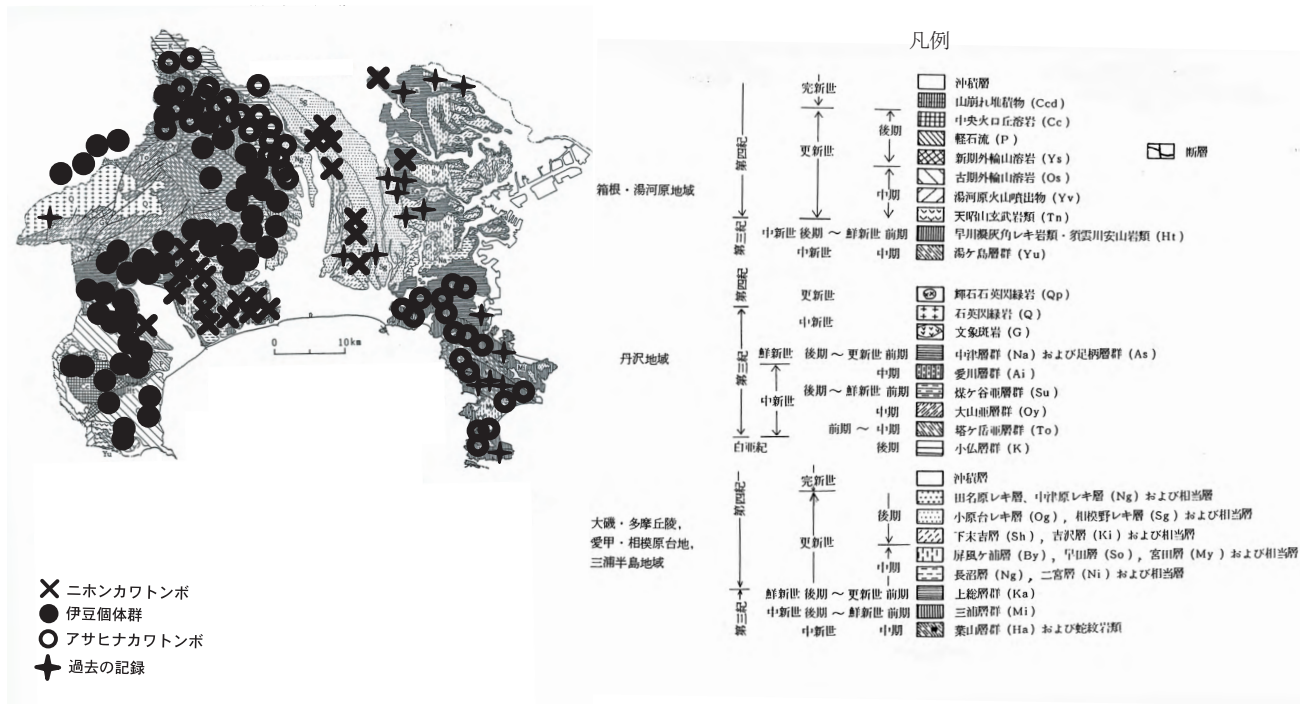


図4. 神奈川県におけるカワトンボ類の分布図、地質図（松島・平田, 1988）との重ね合わせ。

浦半島におけるアサヒナカワトンボの隔離分布であり、これはいくつかの仮説で説明できよう。ひとつは、この地域が過去の海進、海退の影響を強く受け、繰り返し本州から切り離されて島になった歴史が影響しているのではないかということである。三浦半島は、継続する隆起運動によって海底が隆起してできた陸地である。深い海底から浅い海底となり、やがて氷期の海面の低下によって陸となるようになった。そして、間氷期の海進でも島状に残り、完全に海中に没しなくなったのは、約50万年前の間氷期以降と考えられる（貝塚ほか, 1963）。その後も間氷期は約10万年周期で訪れ、各海進の海面の高さにはばらつきがあったものの、海中に没することはなかったと推定されている（貝塚ほか, 2000）。その後、約12万年前の間氷期以降は、さらなる隆起運動のため標高が高まり、縄文海進をもたらした間氷期でも、島とはならず半島を形成し、今日に至っている。アサヒナカワトンボは、分布図から見て、海進時にも島として残るような地域に生息している。もともと広く分布していた種が、こうした隔離効果により、現在の三浦半島に残存してきたと考えることで、特異な遺存分布の説明ができよう。なお、8万年前の亜間氷期に海に覆われた半島先端部は、その後の陸化に伴い、半島基部に残存した個体が分布を広げたと考えられることができる。

房総南部にもアサヒナカワトンボが隔離分布するが（二橋・林, 2004）、これはかつて三浦半島とつながっていた時代があると推定されており、三浦半島同様、本州本土から隔離された「島（古房総島）」になった時代の遺存分布とみることができよう。

一方、神奈川県は、箱根火山や富士山の噴火による火山灰の影響を強く受けた地域であり、このような噴火堆積物が、さまざまな昆虫の分布に影響を与えていると考えられることは、高桑（1999）に詳しい。これは、アサ

ヒナカワトンボにも影響を与えていると考えられ、火山灰以外にも、1万7千～4千年前に相模川を流下した富士相模川泥流（町田, 2009）の影響も考えられる。例えば、県内に広く分布した個体群が、こうした噴火堆積物などによってその分布域の多くを失い、県北部と三浦半島に分かれて残ったと考えることもできよう。

なお、このような県北部と三浦半島に隔離された特異な分布様式は、他の分類群でも見ることができる。分布状態がよく把握されている植物では、カントウカンアオイ、ミヤマウズラ、ミヤマシキミ、ウラジロガシなどが、同様の分布を示している（神奈川県植物誌, 1988）。

一方、ニホンカワトンボは、地質学的には新しいエリアに進出してきたように見える。大磯丘陵や相模野台地などに分布するが、これらの地域は約6万5千年前の箱根火山起源の大規模火砕流堆積物によって覆われた地域である。火砕流により生物が一掃された地域に、北方から新たに侵入した、というように考えることができる。また、横浜市から川崎市の東部低地部にカワトンボ類の記録がないことは、この地域が先に述べたような沖積平野に位置し、本種が何らかの原因によって分布できないことで説明できる。ただし、この地域の分布の欠如地域は沖積平野部分だけではなく、過去の間氷期の海進域（屏風ヶ浦層、下末吉層とされる丘陵部）にも広がっていることは注目されよう。これらの地域では、環境的には隣接する多摩丘陵の産地（例えば川崎市麻生区黒川など）と大差がない谷戸であっても、カワトンボ類が欠如することはこれまで謎であった。しかし、今回の地質図との重ねあわせで、欠如の理由は不明ではあるが、現象としては説明できるようになったといえよう。

なお、現在ニホンカワトンボの分布は、多摩丘陵から相模原台地にかけての分布域と大磯丘陵の分布域とに大きく分断されているが、前記約6万5千年前の箱根火山

起源の火砕流以降に分布を北から拡大したとすると、相模原平地から相模川河口沿いに広がる沖積平野部を経由して大磯丘陵に分布を拡散した可能性は、現在の分布で沖積平野を欠くことから低く（この地域は縄文海進でも水没したエリアとなる）、むしろ東丹沢山麓部を南下して拡散した可能性が高い。ただし、東丹沢山麓部には、現在ニホンカワトンボは分布しておらず、この地域では、後から分布を広げた伊豆個体群によって駆逐されたと考えることができる。

伊豆半島の地史については、島であった伊豆半島（古伊豆島）が本土に衝突した地学的なイベントも、伊豆半島と本州との間の海峡が浅くなって行く段階で、海進・海退の影響による本州との分離、接続があった可能性がある。また、その後の箱根火山や富士山の噴火により、半島基部以北のエリアと環境的に隔離されたことが指摘されている。海進、海退や火山噴火による伊豆半島の本土からの分離、再接続効果がこの地域のカワトンボ属の集団の形成に関与した可能性は高い（高桑, 1980; 平, 1990; Kitazato, 1997; Okamoto *et al.*, 2006 のほか、山下浩之、笠間友博氏のご教示による）。

現在伊豆半島を中心に分布する伊豆個体群は、ITS1 領域の塩基配列において固有の型を有し、オス成虫の形態（本研究）および幼虫の形態（林ほか, 2004a）においてはこの地域に隣接するニホンカワトンボとアサヒナカワトンボの中間的形態を示した。この特徴は、hybrid swarm と呼ばれる集団の特徴によく一致すると考えられる。Hybrid swarm は、2 種の交雑によって生まれた個体が生き残り、主にそれらの間で交配が繰り返されてできた集団である（例えば Turner and Alston, 1959; Keim *et al.*, 1989; Mercader *et al.*, 2009）。形態的にはそれぞれの種の中間の特徴を有し、一般的に変異が大きい。雑種個体に妊性があり、かつ戻し交配が避けられるような環境に長期的に置かれると、元の種とは独自の進化をとげるようになると考えられる。伊豆個体群は、そのような履歴をもつ hybrid swarm ではないかと考えられる。

これは、ニホンカワトンボとアサヒナカワトンボが種間交雑を起こすような近縁種である（二橋・林, 2004; Hayashi *et al.*, 2005）ことから、以下のように考えることができる。現在の分布状況を俯瞰すると、平野部に分布の中心をもつニホンカワトンボは神奈川県西南部にまで到達し、それに接するようにやや山地性のアサヒナカワトンボが生息する。地史的に本土からの離脱と融合を繰り返した伊豆半島北部のどこかで、過去に交雑が起こり、交雑由来の個体からなる集団が、過去のどこかの時点において隔離されるように形成されたのではないだろうか。地史的にそこに隔離分布することによって新規遺伝集団が形成され、その後分布域が北部に拡大したのではないだろうか。そう考えると、固有の ITS1 型をもち、かつ形態的に 2 種の中間的な特徴を有するこの伊豆個体群が、この地域に存在することが理解しやすい。

なお、この考え方からすると、ニホンカワトンボは、少なくとも雑種形成時には、現在の伊豆半島基部周辺に分布していなくてはならない（ちなみに相手方のアサヒナカワトンボは、図 1 のように、半島基部の西側では現

在も分布が確認されている）。現在の知見から見て、伊豆半島の付け根部分から西は、ニホンカワトンボの分布圏ではなかった可能性が高いと思われ、そうすると雑種形成のためには、神奈川西部に残存するニホンカワトンボ個体群は、かつては分布がより南西にのびており、そこで雑種形成が生じたと考えるのが自然であろう。この後の伊豆個体群の北方への拡散については、箱根火山、富士山などの噴火により、そこに分布していたであろうニホンカワトンボ及びアサヒナカワトンボがいったん絶滅し、分布を広げた可能性と、それらを駆逐しつつ分布を広げた可能性が考えられる。

ニホンカワトンボ、アサヒナカワトンボ、伊豆個体群は、それぞれが側所的に分布するが、神奈川県、東京都、埼玉県東部の都市部には、環境破壊によって現在ではカワトンボ属が生息していないため、このエリアの本来の分布像については残念ながら解明できない（林ほか, 2004b）。一方、現在でもこれらの境界線が見いだされる地域において、境界線が維持されているしくみを調査することは可能である。伊豆個体群は Hayashi *et al.* (2004) においては、アサヒナカワトンボの 1 つの集団として取り扱われており、現時点では、アサヒナカワトンボの伊豆個体群あるいは伊豆集団 *Mnais pruinosa* (Izu population) ということになる。この集団の分類学的整理を行うためにも、今後、今回詳細がほぼ明らかになった神奈川県以外の地域での詳細分布調査や、3 者間での交雑の頻度や雑種個体の妊性など、生殖的隔離に関する調査を行う必要がある。

謝 辞

研究材料の収集には多くの人の協力を得た。また図の作成において草野保氏の協力を得た。さらに過去の地学的な情報について神奈川県立生命の星・地球博物館学芸員の山下浩之、笠間友博両氏にご教示いただいた。また、同館学芸員の高桑正敏博士には、原稿を通読していただき、有益な助言をいただいた。これらの方々に深謝したい。

引用文献

- Asahina S., 1976. A revisional study of the genus *Mnais* (Odonata, Calopterygidae) VIII. A proposed taxonomy of Japanese *Mnais*. *Tombo*, **19**: 2-16.
- 二橋 亮・林 文男, 2004. 房総半島（千葉県）におけるオオカワトンボとカワトンボの分布様式. *Tombo*, **47**: 41-46.
- Hämäläinen M. & J. van Tol, 2004. Note on the nomenclature of the Japanese *Mnais* species. *Tombo*, **47**: 12.
- Hämäläinen M. & J. van Tol, 2005. *Mnais strigata* versus *M. pruinosa*, a reborn nomenclatoric question (Zygoptera: Calopterygidae). *Notulae Odontologicae*, **6**: 66.
- Hayashi F., S. Dobata & R. Futahashi, 2004. Macro- and microscale distribution patterns of two closely related Japanese *Mnais* species inferred from nuclear ribosomal DNA, ITS sequences and morphology (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, **33**: 399-412.
- Hayashi F., S. Dobata & R. Futahashi, 2005. Disturbed population

- genetics: suspected introgressive hybridization between two *Mnais* damselfly species (Odonata). *Zoological Science*, **22**: 869-881.
- 林 文男・土畑重人・二橋 亮, 2004a. 核 DNA (ITS1) の塩基配列によって区別される日本産カワトンボ属の幼虫の形態. *Tombo*, **47**: 13-24.
- 林 文男・土畑重人・二橋 亮, 2004b. 日本産カワトンボ属の分類, 生態的諸問題への新しいアプローチ (1) 総論. *Aeschna*, **41**: 1-14.
- 林 文男・土畑重人・二橋 亮, 2005. 日本産カワトンボ属の分類, 生態的諸問題への新しいアプローチ (2) 資料. *Aeschna*, **42**: 1-18.
- 日置佳之・須田真一・百瀬 浩・田中 隆・松林健一・裏戸秀幸・中野隆雄・宮畑貴之・大澤浩一, 2000. ランドスケープの変化が種多様性に及ぼす影響に関する研究-東京都立石神井公園周辺を事例として-. 保全生態学研究, **5**: 43-89.
- 神奈川県植物誌調査会編, 1988. 神奈川県植物誌 1988. 1442pp. 横浜.
- 貝塚爽平・町田 貞・太田陽子・阪口 豊・杉村 新・吉川虎雄, 1963. 日本地形論 (上). 166pp, 地学団体研究会, 東京.
- 貝塚爽平・小池一之・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. 349pp, 東京大学出版会, 東京.
- Keim P., Paige KN., Whitham TG., Lark KG., 1989. Genetic analysis of an interspecific hybrid swarm of *Populus*: occurrence of unidirectional introgression. *Genetics*, **123**: 557-565.
- Kitazato H., 1997. Paleogeographic changes in central Honshu, Japan, during the late Cenozoic in relation to the collision of the Izu-Ogasawara Arc with the Honshu Arc. *Island Arc*, **6**: 144-157.
- 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, 1321-1331.
- 町田 洋, 2009. 相模原市史自然編 第 6 章富士・箱根火山の活動と相模原 第一節富士火山の泥流疏下とその影響. 相模原市: 159-163.
- Mercader RJ., Aardema ML., Scriber JM., 2009. Hybridization leads to host use divergence in a polyphagous butterfly sibling species pair. *Oecologia*, **158**: 651-662.
- 日本蜻蛉学会和名検討委員会, 2007. 日本蜻蛉学会和名検討委員会の報告. *Tombo*, **49**: 46-47.
- 小口岳史, 1996. 神奈川県におけるカワトンボ類の分布と形態. 湘南昆虫, (8): 11-23.
- Okamoto T., J. Motokawa, M. Toda & T. Hikida, 2006. Parapatric distribution of the lizards *Plestiodon* (formerly *Eumeces*) *latiscutatus* and *P. japonicus* (Reptilia: Scincidae) around the Izu Peninsula, central Japan, and its biogeographic implications. *Zoological Science*, **23**: 419-425.
- オカザキツネタロウ, 1930. コンチュウ 700 シュ. 松島三松堂, 東京.
- 須田真一, 2002. 自然教育園のトンボ類. 自然教育園報告, **34**: 107-130.
- 平 朝彦, 1990. 日本列島の誕生. 岩波書店, 東京.
- 高桑正敏, 1980. 神奈川県の昆虫相の特性とそれを支えてきた要因. 神奈川自然誌資料, (1): 1-13.
- 高桑正敏, 1999. 神奈川県東半部の昆虫相, とくに相模野欠如要素について. *Actinia*, (12): 61-86.
- Turner BL., and R Alston., 1959. Segregation and recombination of chemical constituents in a hybrid swarm of *Baptisia laevicaulis* × *B. viridis* and their taxonomic implications. *American Journal of Botany*, **46**: 678-686.

摘 要

荻部治紀・守屋博文・林 文男, 2010. 神奈川県を中心としたカワトンボ属の分布. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (39): 25-34. (Karube, H., H. Moriya & F. Hayashi, 2010. Distribution of calopterygid damselflies of the genus *Mnais* in Kanagawa Prefecture and its adjacent areas, central Japan. *Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.)*, (39): 25-34.)

近年、遺伝子解析から新たな分類が提示されたカワトンボ属について、神奈川県内の詳細な分布を調査した。その結果、県内からは、ニホンカワトンボ *M. costalis* Selys, 1869 とアサヒナカワトンボ *M. pruinosa* Selys, 1853 の 2 種とともに、富士山周辺に生息する未命名の雑種起源集団と考えられる伊豆個体群の 3 つの分類群が分布することが確認された。これらの分布パターンは、ニホンカワトンボは、相模原台地、多摩丘陵の西部から藤沢北部まで広がり、さらに大磯丘陵の個体群も本種であった。また、酒匂川西岸に一ヶ所だけ隔離された産地が確認された。アサヒナカワトンボは、県北部の旧津久井町、藤野町から愛川町・厚木市まで分布し、隔離して三浦半島基部から先端部までが分布域となる。伊豆個体群は、箱根から丹沢南麓をとおり、厚木市、愛川町、津久井町まで広がる。ニホンカワトンボと伊豆個体群、アサヒナカワトンボと伊豆個体群はいくつかの混生地が発見されているが、基本的には側所的に分布をしている。これら 3 分類群の分布パターンを、過去の地史と照合してその成り立ちについての仮説を述べた。

(受付 2009 年 12 月 10 日 ; 受理 2010 年 1 月 27 日)

屋久島高地帯花之江河周辺における昆虫調査

Spring Research on Insect Fauna near Hananoego of
the Montane Zone of Yaku-shima Island, Southwest Japan高桑正敏¹⁾・藤田 宏²⁾Masatoshi TAKAKUWA¹⁾ & Hiroshi FUJITA²⁾

Summary. Insects mainly Coleoptera in the montane zone, ca. 1550-1700m in alt., of Yaku-shima Is., Kagoshima Pref., N. Ryukyus were researched on May 27, 2008 and on Apr. 11, 2009, in order to clarify little known spring fauna. The results were as follows.

In general, emerging insects were unexpectedly few. On Apr. 11, almost all the species were hibernating except for a water strider *Gerris gracilicornis*, though *Illicium anisatum* came into full bloom. On May 27, it was considered as the best season for spring insects, because of the existence of full-blown *Symplocos coreana* and fresh verdure of many broad-leaved trees. However, some species were flying including the only butterfly *Udara albocaerulea*, and 26 species of Coleoptera were collected on flowers of *Symplocos coreana* including the only longicorn beetle *Pyrrhona laeticolor takakuwai* and by beating branches of various trees. Of specimens collected, several species are considered as new to science (of which a cantharid beetle was already described under the name of *Malthodes takakuwai*) and some species were newly added to the fauna of Yakushima Is.

There is high possibility that two lucanid taxa *Platycerus* and *Ceruchus*, especially in the former, are not distributed in Yaku-shima Is. They were not discovered at all, though detailed investigation was done.

琉球列島北部に位置する屋久島は九州最高峰の宮之浦岳 (1936m) をはじめとする高地帯を擁し、多くの固有種・固有亜種が知られる。岡留 (1973) は屋久島における昆虫全体の、渡辺 (1980) は蛾類の、中根 (1984) は甲虫のそれぞれ目録を作成するとともに、黒沢 (1987) はその昆虫相の興味深さについて甲虫を中心に指摘した。しかし、標高約 1640 m の花之江河を中心とした高地帯は霧島屋久国立公園特別保護地区あるいは原生自然環境保全地域に含まれ、夏期はともかくとして、春期においてはほとんど調査がなされていなかったようである。このため筆者らは、とくに甲虫類を対象として春期における屋久島高地帯の昆虫相調査を企画した。調査は2回各1日にとどまったが、ここに同定の完了した分野について報告し、分布相解明の一助としておきたい。これらの標本は原則として神奈川県立生命の星・地球博物館に収蔵されているが、タイプシリーズの一部、ならびに分類学的に検討中のものはそれぞれの機関もしくは研究者が

保管している。

なお、調査地域は鹿児島県屋久島町花之江河周辺であり、第1回は2008年5月27日、第2回は2009年4月11日に行った。いずれも屋久杉ランドから淀川小屋 (標

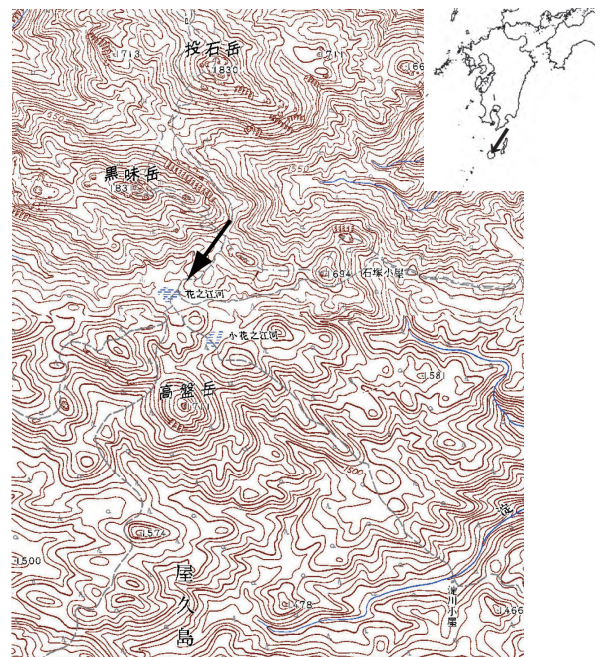


Fig. 1. Maps showing Yakushima Is. on SW Japan and Hananoego on Yaku-shima Is. (using Miyanoouradake of the Digital Map 25000 (Map Image), 1999 by the Geographical Survey Institute), respectively.

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
高桑正敏: takakuwa@nh.kanagawa-museum.jp

²⁾ (有) むし社
〒164-0001 東京都中野区中野 2-23-1-209
Mushi-sha, Ltd.
2-23-1-209 Nakano, Nakano, Tokyo 164-0001, Japan

高約 1390m) を経由したが、調査を行ったのは花之江河周辺の標高ほぼ 1550 ~ 1700m の地域に限られている。ここは昆虫調査を行う者の目から見れば、森林の高木層は多少ともまばらで、背の比較的低いヤクスギとヤマグルマ、カエデ類が優占し、低~中木層としてはオオカメノキ、シキミ、ハイノキ、タンナサワフタギ、ヤクシマシャクナゲ、アセビなどがめだつので、標高 1500m 以上という高地帯にもかかわらず常緑広葉樹が多いことに意外な感がある。これら針広混交林に囲まれて花之江河と小花之江河の高層湿原（日本最南）が存在するが、筆者らの 1 人高桑が訪れた 1968 年当時とはかなり異なり、水量はずっと少なく、乾燥化がかなり進行しているのではないかという印象をもった。また、調査に訪れた今回の 2 度とも花之江河で草をはむヤクジカに遭遇した（高桑は 2005 年 10 月に登山目的で訪れた際にも遭遇した）。最近の高地帯への進出が昆虫相に与える影響も考慮に入れる必要があるだろう。

本文に先立ち、標本の同定でお世話となった次の方々に、心からの謝意を表するものである。

平野幸彦（日本鞘翅学会）、岸本年郎（財団法人自然環境研究センター）、木附嘉理（日本鞘翅学会）、大石久志（双翅目談話会）、長瀬博彦（神奈川昆虫談話会）、鈴木 互（日本鞘翅学会）、高橋和弘（日本鞘翅学会）、吉武 啓（独立行政法人農業環境技術研究所）、渡辺恭平（東京農業大学）（敬称略；アルファベット順）

また標本作製に際しては、神奈川県立生命の星・地球博物館学芸ボランティアの加賀玲子氏に多大な尽力をいただいた。さらに調査に際しては、霧島屋久国立公園における特別保護地区内（平成 20 年 5 月 21 日付環九地国許第 080521001）、ならびに原生自然環境保全地域内での保護林調査許可（平成 20 年 5 月 26 日付 20 屋環第 2 号）、および国有林野入林許可（平成 20 年 5 月 26 日付）を得ている。許可申請にお手を煩わせることになった屋久島自然保護官事務所の奥田青州氏、ならびに屋久島森林管理署の野田祐治氏に厚くお礼を申し上げる。

[第 1 回：2008 年 5 月 27 日]

晩春に発生する昆虫類、とくに訪花習性のあるカミキリムシ科甲虫と、新芽に集まるルリクワガタ属の発見を主目的に調査した。調査者は高桑正敏・藤田 宏の 2 名



Fig. 2. Hananoego, Yaku-shima Is. (May 27, 2008 photo).

であり、調査助手としてカメラマンの山口 茂氏が同行した。

ハイノキがちょうど満開であり、また晴天に恵まれたのでかなりこの花をスィーピングしたが、得られた甲虫の種数は予想外に少なく、カミキリムシは既知種 1 種にとどまった。その他でも、コメツキムシ科数種とジョウカイボン科 2 種以外には、ハナノミダマシ科など小型種が少数採集されたにすぎなかった。また、ハイノキやタンナサワフタギをはじめとした低~中木の樹木もビーティング採集を試みたが、ゾウムシ科以外ではハムシ科などが少数得られたにすぎない。ただし、ジョウカイボン科で未記載種が採集され、2009 年に新種記載された (Takahashi, 2009)。また、キスイムシ科とゾウムシ科もそれぞれ未記載と思われる 1 種を含んでいる。クワガタムシ科では、すでにほとんどの広葉樹は新芽が展開しており、有効な調査ができなかった。朽木も調べたが、オニクワガタ屋久島亜種の幼虫が確認できただけで、ルリクワガタ属の産卵マークも見当たらなかった。

そのほかの昆虫では、ヒラタアブ族のハナアブ科やサツマジミが目につく程度で、全体に個体数が少ないのがきわめて意外であった。

採集標本目録

(Locality: Hananoego, ca.1550-1700m alt., Yaku-machi, Yaku-shima Is., Kagoshima Pref., SE Japan; date: May 27, 2008)

コウチュウ目 (鞘翅目) Coleoptera

ハネカクシ科 Staphylinidae (岸本年郎同定)

ハナムグリハネカクシ属の 1 種 *Eusphalerum* sp.

3exs., M. Takakuwa leg.

ツマキリチビハネカクシ *Porocallus insignis* Sharp

1ex., M. Takakuwa leg.

センチコガネ科 Geotrupidae (高桑同定)

オオセンチコガネ屋久島亜種 *Phelotrupes auratus yaku* (Tsukamoto)

2exs., Takakuwa leg.

地上低く飛行中のものを得たが、ほかにもいくつかを目撃している。

コメツキムシ科 Elateridae (鈴木 互同定)

ウラベチビコメツキ *Babadrasterius urabensis* Ohira

1ex., M. Takakuwa leg.

与那国島から記載され、琉球列島中部まで記録されているが、これまで屋久島からの記録はなかったようである。亜熱帯の種が屋久島高地で得られたことは興味深い。

ニセホソマメコメツキ *Yukoana tamui* Kishii

1 ♂, H. Fujita leg.

ヤクルリヒラタコメツキ *Actenicerus yaku* (Nakane et Kishii)

1 ♂, M. Takakuwa leg.

屋久島の固有種。花之江河周辺など高地にのみ生息するものかもしれない。

ヘリアカシモフリコメツキ屋久島亜種 *Actenicerus aerosus miyanouranus* (Kishii)

1 ♂, H. Fujita leg.

ヤククロスジヒメコメツキ *Dalopius yakuensis* Kishii

5exs., H. Fujita leg.; 3exs., M. Takakuwa leg.

屋久島の固有種で、高地にのみ生息する可能性がある。
屋久島が本属の日本における南限産地となっている。
ヤクホソクロコメツキ *Ampedus (Ampedus) kosugensis yakushimensis*
Kishii

2exs., Takakuwa leg.

屋久島の固有種、高地にのみ生息する可能性がある。

ジョウカイボン科 Cantharidae (高橋和弘同定)
マツナガジョウカイ *Lycocerus matsunagai* (Imasaka et Okushima)
5♂3♀, M. Takakuwa leg.; 1♀, H. Fujita leg.

クロチビジョウカイ属の1種 *Malthodes takakuwai* Takahashi
今回得られた標本を基に2009年11月、新種として記載された (Takahashi, 2009)。福島県から知られるキタチビジョウカイ *M. kurosawai* にやや近縁という。

ヒラタムシ科 Cucujidae (平野幸彦同定)
クロムネキカワヒラタムシ *Pediococcus japonicus* Reiter

1ex., M. Takakuwa leg.

キスイムシ科 Cryptophagidae (平野幸彦同定)
Spaniophoenus sp.

1ex., M. Takakuwa leg.

日本からは未知の種類である可能性が高いという。
ケシキスイ科 Nitidulidae (平野幸彦同定)
ツバキヒラタケシキスイ *Epuraea commutate* Grouvelle
6exs., M. Takakuwa leg.

ハナノミダシ科 Scaptiidae (平野幸彦同定)
タケイフナガタハナノミ *Anaspis takeii* Chujo

1ex., M. Takakuwa leg.
クロフナガタハナノミ *Anaspis marseuli* Csiki

1ex., M. Takakuwa leg.

カミキリムシ科 Cerambycidae (高桑同定)
ヘリウスハナカミキリ屋久島亜種 *Pyrrhona laeticolor takakuwai*
Kusama

1♂, M. Takakuwa leg.

ハイノキの花より得たが、この1頭しか見られなかった。
屋久島産は全体黒色型から沈んだ赤色型まで出現するが、本個体はもっとも多く出現する黒色型そのものである。

ハムシ科 Chrysomelidae (木附嘉理同定)
キアシツブノミハムシ *Aphthona semiviridis* Jacoby

3exs., Takakuwa leg.

ルリマルノミハムシ *Nonarthra cyanea* Baly

1ex., Takakuwa leg.

コマルノミハムシ *Nonarthra tibialis* Jacoby

6exs., Takakuwa leg.

チョッキリゾウムシ科 Rhynchitidae (吉武 啓同定)
マダラケブカチョッキリ *Cartorhynchites singularis* (Roelofs)
1ex., M. Takakuwa leg.; 1ex., H. Fujita leg.

ゾウムシ科 Curculionidae (吉武 啓同定)
アオクチナガヒゲボソゾウムシ *Euphyllobiomorphus kurosawai*
Morimoto

4exs., M. Takakuwa leg.

屋久島の固有種で、スギを食害するという。
オビモンヒョウタンゾウムシ *Amystax fasciatus* Roelofs
5exs., M. Takakuwa leg.; 5exs., H. Fujita leg.

各種の中～低木のピーティングによって得られた。体型の変化も大きい、鞘翅後方の白濁紋も個体によってさまざま、ほとんど消失したものもある。
ハイノキサルゾウムシの1種 *Hainokisaruzo infuscatus* Yoshitake et Colonnelli

3exs., M. Takakuwa leg.

ホソフタホシヒメゾウムシ *Acythopeus parabasimaculatus*
Morimoto et Lee

7exs., M. Takakuwa leg.; 1ex., H. Fujita leg.
ハナモグリゾウムシ属の1種 *Ellescus* sp.

1ex., H. Fujita leg.

分類学的研究の遅れている分野であり、種までの同定が難しいという。

キクイムシ科 Scolytidae (平野幸彦同定)
ハンノキキクイムシ *Xylosandrus germanus* (Blandford)

1ex., H. Fujita leg.

ハエ目 (双翅目) Diptera

ハナアブ科 Syrphidae (大石久志同定)

カオグロオビホソヒラタアブ *Meliscaeva omogensis* (Shiraki et Edashige)

1♀, M. Takakuwa leg.

クチグロヒラタアブ *Parasyrphus aeneostoma* (Matsumura)

1♂1♀, M. Takakuwa leg.

マガイヒラタアブ *Syrphus dubius* Matsumura

1♀, M. Takakuwa leg.

従来はキイロナミホシヒラタアブとの和名があった。
ツヤヒラタアブ属の1種 *Melanostoma* sp.

1♂, M. Takakuwa leg.

クロバエ科 Calliphoridae (大石久志同定)
ミヤマクロバエ *Calliphora vomitoria* (Linnaeus)

1♀, M. Takakuwa leg.

チョウ目 (鱗翅目) Lepidoptera

シジミチョウ科 Lycaenidae (高桑同定)

サツマシジミ *Udara albocaerulea* (Moore)

1♂1♀, M. Takakuwa leg.

花之江河周辺ではほかに飛翔中の本種と思われるいくつかの個体を目撃した。山麓部で発生盛期であったので、それらの個体が山頂方面に吹きあがってきたものと思われる。

ハチ目 (膜翅目) Hymenoptera

ヒメバチ科 Ichneumonidae (渡辺恭平同定)

クロマルズヒメバチ *Xorides investigator* (Smith)

1♀, M. Takakuwa leg.

これまで本州と北海道から記録されている。同定者によれば四国産の標本を検した記憶もあるが、屋久島からは初めてという。

スズメバチ科 Vespidae (長瀬博彦同定)
シダクロスズメバチ *Vespula shidai shidai* Ishikawa, Sk. Yamane et Wagner

1♀, M. Takakuwa leg.

ヒメハナバチ科 Andrenidae (長瀬博彦同定)
ミカドヒメハナバチ *Andrena mikado* Strand et Yasumatsu

1♂, M. Takakuwa leg.

コハナバチ科 Halictidae (長瀬博彦同定)

ヤマネアオコハナバチ *Lasioglossum (Evyllaes) yamanei* Murao,
Ebmer et Tadauchi

3 ♀, M. Takakuwa leg.

フトハナバチ科 Anthophoridae (長瀬博彦同定)

シラキキマダラハナバチ *Nomada shirakii* Yasumatsu et Hirashima

1 ♂, M. Takakuwa leg.

ミツバチ科 Apidae (長瀬博彦同定)

コマルハナバチ *Bombus ardens ardens* Smith

1 ♀, M. Takakuwa leg.

[第2回：2009年4月11日]

カミキリムシ科甲虫はじめ早春に発生する昆虫類とともに、枯れ木に穿孔しているクワガタムシ科甲虫を主目的に調査した。調査者は高桑正敏・藤田 宏の2名であり、調査助手としてクワガタムシ科研究者の土屋利行氏が同行した。

晴天に恵まれたものの、活動中の昆虫はコセアカアメンボを除けば、ほとんど見ることがなかった。シキミがほぼ満開であり、この花を丹念にすくってみたが、1頭の昆虫すらネットの中に入ることがなかった。さらに、中・低木を含めほとんどすべての樹木はまだ芽吹いておらず、念のためにビーティングを行ったものの、やはり1頭も採集することができなかった。このような状況だったことから、昆虫のほとんどは越冬状態にあると考え、それなりに調査を試みたが、樹皮下と朽木内から少数のゴミムシダマシ科甲虫とデバヒラタムシが得られたにすぎない。

クワガタムシ科では屋久島から未記録であるルリクワガタ属やツヤハダクワガタ属の種を中心に探索したが、それらは幼虫すら認めることができなかった。とくにルリクワガタ属の種については、雌は産卵にあたって独特の産卵マークを朽木に付けることから、成虫や幼虫が確認できない場合でも、本属の種が生息しているかどうかを見きわめることは容易である。2008年5月の調査に続いて、2度にわたってその産卵マークすらまったく見られなかったことにより、当地に本属の種が分布している可能性はきわめて低いものと判断される。



Fig. 3. Hananoego, Yaku-shima Is. (Apr. 11, 2009 photo)

採集標本目録

(Locality: Hananoego, ca.1550-1700m alt., Yaku-machi, Yaku-shima Is., Kagoshima Pref., SE Japan; date: Apr. 11, 2009)

カメムシ目 (半翅目) Hemiptera

アメンボ科 Gerridae (高桑同定)

コセアカアメンボ *Gerris gracilicornis* (Horvath)

2 ♂, M. Takakuwa leg.

小花之江河の最上流域において、上空が枝葉で覆われてやや暗い小流の淀みに多数が活動していた。本州のものよりも前胸背後葉、触角、脚などがいちじるしく暗化している。

コウチュウ目 (鞘翅目) Coleoptera

クワガタムシ科 Lucanidae (藤田同定)

オニクワガタ屋久島亜種 *Prismognathus angularis tokui* (Y. Kurosawa)

10 幼虫, H. Fujita leg.

朽木の中から得た。個体数は比較的多いようで、かなりの率で発見でき、調査した地域の中ではもっとも広範囲に見られた。

スジクワガタ屋久島亜種 *Dorcus striatipennis koyamai* (Nakane)

6 幼虫, H. Fujita leg.

朽木の中から得た。オニクワガタに比べて個体数は少ない。

ゴミムシダマシ科 Tenebrionidae (高桑同定)

イリエヒサゴゴミムシダマシ *Misolampidius iriei* M. T. Chujo

4exs., M. Takakuwa leg.

屋久島の高地帯のみから発見されている固有種。スギの樹皮下と朽木中から得られた。

ヤクヒサゴゴミムシダマシ *Misolampidius yakushmanus* Nakane

1ex., M. Takakuwa leg.; 1ex., H. Fujita leg.

屋久島の中腹以上から発見されている固有種。スギの樹皮下から得られた。

オニエグリゴミムシダマシ *Uloma kondoi* Nakane

2exs., M. Takakuwa leg.

屋久島の固有種。スギの樹皮下から得られた。

デバヒラタムシ科 Prostomidae (高桑同定)

デバヒラタムシ *Prostomis latoris* Reitter

1ex., H. Fujita leg.

朽木中から得られた。

引用文献

- 黒沢良彦, 1987. 屋久島の昆虫. 日本の生物, 1(11):35-38, 40.
中根猛彦, 1984. 屋久島に産する甲虫類について. 環境庁自然保護局編, 屋久島の自然, pp. 587-631.
岡留恒丸, 1973. 屋久島の昆虫相. 179pp., 7pls. 屋久町教育委員会.
Takahashi, K., 2009. A new species of the genus *Malthodes* (Coleoptera, Cantharidae) from the island Yaku-shima, Southwest Japan. *Elytra*, Tokyo, 37(2): 283-286.
渡辺 徳, 1980. 屋久島の蛾類. 206pp., 20pls. 日本蛾類学会, 東京.

(受付 2009 年 11 月 26 日 ; 受理 2010 年 1 月 27 日)

博物館で人類進化を学ぶ ー博物館の特性をいかした子ども向け 学習プログラムの作成・実践についてー

Museum Educational Program for Schoolchildren: Human Origins and Evolution

広谷浩子¹⁾

Hiroko KUDO-HIROTANI¹⁾

Abstract. The study of human origins and evolution from our ape-like ancestors is one of the most exciting scientific fields for schoolchildren. It is rather difficult to implement the human evolution program in school education because of lack of real paleoanthropological materials. However, the museum of natural history is able to carry out free-form learning using various kinds of replica. The author had given lectures to schoolchildren on human evolution, entitled "From ape to human". Eventually, using the casts in the collection at the museum of natural history, we are able to follow the evolution of our small branch of the Tree of Life. The author summarized the result of 7-years lectures, and reconfigured a new learning program. This report introduces the process of these educational works and submits some interesting insight about the partnership activities between schools and museums.

Key words: Museum, school education, development of learning materials, human evolution

はじめに

人類がどのような過程を経て現在の姿になったのかという人類進化論は、自分たちのルーツを知るという意味で大変重要であり、知的好奇心を大いに刺激するテーマでもある。学校においても、何らかの形でとりあげるべき学習項目と考えられる。しかし、学校のカリキュラムの中では扱いにくい面が多く、これまで系統だった形で学習されることがあまりなかった。社会科の歴史の授業に入っていたり、理科の「生物の進化」の中でとりあげられたりして、教育課程によって扱いが様々で内容も不十分であるのが現状である（鳩貝，2007；松村，2007；松村ほか，2008；高山・若林，2008）。近年、人類進化の研究はめざましい進歩をとげ、新しい進化の道筋が明らかになっている。しかし、理科教育や教材研究に関して、現場の教師・生徒たちと研究者の間のギャップは大きい。博物館は両者をつなぐ、架け橋としての役割を今こそ発揮しなければならない（樽ほか，2001；石田，2006）。

著者は、神奈川県立生命の星・地球博物館において、

豊富な標本資料を活用することにより、人類進化についての子ども向け講座を実施してきた。本報告では、このような普及事業において行なった学習プログラムの作成と実施結果を、以下の2点についてまとめ、紹介する。

第1に、人類進化についての子ども向け学習プログラムの作成に至る経過をまとめた。博物館の資料を解説用標本として活用し、学習効果をもたらせるよう実践的なプログラムづくりをめざした。

第2に、学習プログラムの特性を学校のカリキュラムとの関わりから見直した。そして、博物館が行う理科教育の可能性と問題点について考察した。

本研究は、財団法人日本科学協会による平成18年度笹川科学研究助成（18-280G）によって行われた。

研究の手順

1. 1999年より2006年までの夏休み期間中に、著者は神奈川県立生命の星・地球博物館（以下、地球博と略す）の子ども向け講座「サルからヒトへの進化を探る」を実施し、小中学生を対象に人類進化を教えてきた。

講座は、サルとヒトとの比較から始まり、現代人の出現までの内容を年ごとに変えて行なった。その概要は、表1の通りである。

この結果をまとめ、学習内容を再構成して、新しい学習プログラムを作った。プログラムはテキスト「サルか

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
広谷浩子: hirotani@nh.kanagawa-museum.jp

表 1. 講座「サルからヒトへの進化をさぐる」で実施したテーマ、実施テーマとサブ活動についてリスト化した。

章構成	回	年	テーマ	サブ活動
1	1	1999	サルの種類・特徴	CD-ROM「サルのすべて」*1の活用
1	2	2000	サルの分類・特徴	ニホンザルのペーパークラフト
1	3	2001	サルの種類と特徴 ヒトとの相違点	動物バスルづくり(立体)
1	4	2001	ヒトはどのようにしてサルから進化したか	塗り絵 サルの系統
0	5	2002	進化について考えよう	進化のメカニズムを知る切り絵など
2	6	2003	サバンナへの進出、ヒトの誕生	紙粘土でサルをつくる
2	7	2004	ヒト化への道をたどる	塗り絵 ヒトの環境全体
3	8	2005	原人から新人へ	貝ビーズ、オーカーの絵

*1 virtual book どうぶつシリーズ9「サルのすべて」を使用し、学習を行った。

おさらいマンガクイズ (サンプル) (イラストと構成 T. Naguchi)

これまで勉強したことを、クイズをときながらふりかえってみましょう。

問題編

キツネザル編

ワオキツネザルって変わった名前だね。
さて、どうしてこの名前がつけられたのか、見つけた人は
どこを見てこの名前にしたんだろう？あててみて。

どうして
か？

答え編

キツネザル編

これは、しっぽ、しっぽのしめようがあるのよ
うだから、ワオ (編者)、キツネのようにとがった名前を
つけてからキツネザル。合わせてワオキツネザルなんだ。

高学年用クイズ (サンプル)

(1) 原猿は生きた化石といわれていますが、なぜですか？




(2) サルとヒトの共通点は、サルがもともとすんでいる場所と
とても関係があります。それはどこですか？

共通のとくちょう _____

すんでいる場所 _____

解答 (1) 原始的な特徴を持つ
(2) 共通の特徴 前肢の指の対向性、目が顔の正面にある
すんでいる場所 木の上

図 1. 講座に用いたテキスト見本。霊長類の体の特徴をクイズから学ばせる内容となっている。

らヒトへ」として編集・印刷した。

2. 小・中学校の理科・社会のカリキュラムの中で、人類進化がどのようにとりあげられているかについて、調査した。1で作成した学習プログラムの導入が可能な分野や単元を知るため、現場教師へのインタビューを行なった。これらの結果をもとに、学習プログラムと学校の教科学習の比較検討を行なって、博物館で学習プログラムを作る意義について考察した。

結果と考察

<1> これまでの講座のまとめと、新しい学習プログラムの作成

講座の概要について

著者はこれまで8年にわたり地球博において、延べ200人以上の子どもたちを対象に、以下のような内容の講座を行ってきた。
*企画：著者と猪尾武達氏（地球博の哺乳類ボランティア）が企画し、テキストの編集や実施内容を決定した。人類の化石が1990年代以降、各地でたくさん発見されたため、人類進化のシナリオは大幅に変更された（諏訪、2006など）。扱う内容は、常にこのような最新のデータにもとづくものとした。

*テキスト：毎回、解説とイラストクイズから成るテキストを作成した（図1）。各回の重要項目については、学習後クイズを解いて、理解度を確認できるようにした。テキスト用のイラスト作成や文章校正は、多くの哺乳類ボランティアからの支援によって進められた。講座は小学生・中学生を対象にしているため、生徒の理解度を考慮して、低学年用と高学年用2種類のテキストを用意したり、解説の方法や解説に用いる材料を変えたりした。

*講座の進め方：各回10から20名の参加者を得て行なわれた。生徒の学年によって、低学年グループと高学年グループに分け、著者を含む2名（参加人数が多い時には3から4名）の講師が各グループを担当した。グループごとにテーブルを囲み、講師の解説を聞き、テキストを読み、クイズを解いて学習を進めた。各講座の学習時間は午前10時から12時までの2時間で、間に10分ほどの休憩をはさんだ（図2）。

講座の解説には、地球博所蔵の標本類を多く用いた。学習テーブルの中央に標本を呈示して、生徒に実際に触れてもらいながら、解説を行なった（図3）。

*サブ活動：午後の2時間は、「サブ活動」として、午前の学習内容に関連する工作等を行なった（表1と図4）。紙粘土のサルフィギュア作り、世界のサルの塗り絵、貝ビーズのアクセサリ作り、オーカー（古代顔料）

を使った絵など内容は多岐にわたった。

当初は、午前中の講座で集中力がとぎれた低学年の生徒をどうにかして学習にむかわせたいと考えた企画であった。しかし、この活動に取り組みながら、テキストだけの学習では進まなかった生徒の理解が進んでいく手ごたえを感じた。以後、講座の重要な部分として企画することになった。午前中はうつむきがちで、講師の質問にもなかなか答えられなかった子どもが、サブ活動では別



図2. 講座実施風景
(左: 低学年、
右: 高学年).
保護者はオブザー
バーとして、
周辺に着席して
いる.



図3. オナガザルの頭骨を真剣に
見る生徒たち.



図4. サブ活動の実施風景 (左: 紙粘土で作ったサル、右: 机を囲んで塗り絵を実施中).

人のように積極的に参加する姿がたびたび観察された。講師が午前中の学習内容について質問すると、答えがスムーズに返ってきたことから、理解が進んでいるのだということもわかった。講座全体の雰囲気ががらりと変わり、初対面の子ども同士が打ち解けてふざけあう姿もみとめられた。

講座のまとめから

7年の間に定着し確立していった講座のスタイルは以下のようにまとめられる。

＊最新データの紹介：講座では、できるかぎり新しい内容を紹介しようとした。人類進化に関する発見は、時々刻々と積み重ねられているため、紹介がむずかしいが、自由度の高いプログラムをすることで、対応が可能になった。

＊地球博の標本資料の活用：解説に用いる資料が豊富なので、生徒は身近に標本資料にふれながら学習し、理解を進めることができる。

＊少人数学習：講座参加者を数人ずつのグループにわけ、常に生徒の反応を確かめながら解説と学習を進めた。

＊年齢に応じた対応：生徒の学年は様々なので、低学年用と高学年の2つのテキストや解説方法を用意して理解を深めさせた。

学習プログラム作成

以上のような講座特性をいかしながら、学校教育との連携もはかれるような新しい教育プログラムを作るために、以下のような点を考慮した。

西垣・布谷（2005）が指摘するように、博物館の講座での学習は特別な単発のイベントであり、学校での日常の学習とはかけ離れてしまいがちである。博物館が学校との連携を進めていくためには、博物館の特性と学校のエ

教育体制の両方が無理なく共存できるようなプログラムを考える必要がある。

著者らが行なってきた講座は、時間も人員も資料も十分に使い手をかけて実施するものであった。しかし、学校で実施する場合には、よりのをしばって、効果的な学習を進める必要がある。

この点を考慮しながら、3部構成の学習プログラムを作成した(表2)。プログラムを第1部「ヒトはサルの仲間」第2部「ヒトの誕生」第3部「現代人への道」の3部に整理し、学習の要点をまとめて解説を加えたテキスト「サルからヒトへ動物としての人間を知る旅」を作成した。

実施結果から

上記プログラムを地球博で実施した。第1部、第3部とダイジェスト版の3種類の講座を行い、合計76名の

小中学生を対象に人類進化を教えた。講座実施後には、生徒たちにアンケートを実施し、理解度の確認をした。その結果、以下のことが明らかになった。

- ・第1部・3部はそれぞれ1時間程度の授業として実施可能である。
- ・生徒は、小学2年生から中学2年生まで幅広い年齢層に及んでいたが、同じ学習項目でも十分な理解が得られる。特に、低学年では、複数の補助指導者を同席させるTT（チームティーチング）方式を採用して、学習効果が得られた。
- ・ダイジェスト版を2時間程度で試行的に実施したが、生徒の反応は通常の場合と変わらず、興味関心をもって学習に臨んでいた（千葉，2008；澤田，2008）。教材が十分に用意できていれば、ダイジェストでの学習も可能である。

<2> 学校教育との関係について

学校の授業で人類進化はどのようにとりあげられているか

小学校・中学校・高等学校の理科・社会のカリキュラムの中で、人類進化がどのようにとりあげられているか、教科書の内容一覧や文部科学省による学習指導要領の内容をもとに調査し、まとめた。その結果は表3の通りである。

文部科学省の学習指導要領は小学校で平成23年度、中学校で24年度に大幅な改訂が行われる。21年度から23年度は、その移行期間にあたる。改訂によって、理科・社会ともに授業時間数が大幅にふえ、学習項目の追加や前学年への移行（前倒し）が行われる。たとえば、中学校理科では、3年間通しての授業時間数が現行の290時間から385時間になる。本報告は、改訂実施後の内容について検討した結果に基づいている。

人類学が理科・社会の教科書でどのようにとりあげられているかについては、日本人類学会のシンポジウムからの報告がある（鳩貝，2007；松村，2007；松村ほか，2008；高山・若林，2008）。これらは、旧指導要領に基づく分析である。著者は、指導要領の改訂後に、人類学の学習をめぐって何らかの改革があるかについて特に注目した。

小学校では、社会・理科の両教科で、ヒトの進化についての記述はない。ただし、6年生の社会の歴史では、「狩猟・採集」の項で、石器時代の人々について学習する。中学校では、理科の第2分野で、生物の移り変わり（進化）を勉強するが、ヒトについての特別な記述はない。社会では、テーマにそってより掘り下げた内容の学習を学校

表2. 人類進化の学習プログラム、再構成して作成したプログラムの内容（テーマ、標本、サブ活動）を示した。

	テーマ	扱うトピックス	解説用標本	サブ活動
第1部	ヒトはサルの仲間	サルの特徴 サルとヒトの共通点	サルの骨・剥製 ヒトの骨	サルのパタパタバズ
第2部	ヒトの誕生	最古の人類化石/ヒトの直系祖先は？ヒトの特徴を簡単にまとめる	ヒトの骨、化石人類レプリカ	石器づくりと石器体験 ヒトの特徴を実感できるような活動
第3部	現代人への道	最新の人類進化論	石器・古人骨、遺跡資料	石器・ビーズ・壁画で最古の芸術家体験

表 2. 学校で学ぶ人類進化。文部科学省による新しい学習指導要領にもとづいて、人類進化が学校の教科でどのようにとりあげられているのかをまとめた。

社会科		理科	
小学校	6年生歴史分野		
	狩猟・採集／石器時代の人々		
中学校	歴史分野	第2分野	
	人類の出現は「内容の取り扱い」で	生物の移り変わり 人類の進化はなし	
高等学校		理科総合B(2単位)	生物Ⅱ(3単位)
		生物の変遷と多様性 ／人類進化	生物界の変遷／人類の起源と進化

参考にしたサイトは以下のとおりである。
 新しい学習指導要領文部科学省：
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/vourvou/index.htm
 教科書ホーム SANSEIDO Co.Ltd: <http://tb.sanseido.co.jp/>
 新興出版啓林館: <http://www.shinko-keirin.co.jp/>
 大日本図書: <http://www.dainippon-tosho.co.jp/>
 教育図書出版第一学習社: <http://www.daiichi-g.co.jp/>
 チャート式の教研出版株式会社: <http://www.chart.coi.jp/>
 東京書籍株式会社: <http://www.tokyo-shoseki.co.jp/>

の裁量で行なうことができる「内容の取り扱い」において「人類の出現」に触れるよう指導されている。

以上より、小中学校では、人類の起源について社会科の項目で取り上げ、遺跡などとの関連からごく一部を学習するという位置づけになっていることがわかる。

これに対し、高等学校では、人類の起源を理科の学習項目として位置づけている。生物Ⅱ(3単位)の「生物界の変遷」の項で、初期人類の特徴から現代人に至る進化の道筋が解説される。理科総合B(2単位)においても、生物の変遷の項で人類の起源と進化を学習する。年間指導計画の目安では、どちらも約1時間分の授業をするよう示されている。さらに、生物Ⅱでは、地球の歴史と生命の歴史、人類進化、進化のメカニズムが約1ヶ月(12時間)で学習するカリキュラムである。

しかし、生物Ⅱはもともと医歯学部や理学部生物学科、農学系、薬学系などに進学する生徒だけが履修する教科であり、履修率は全生徒の20%以下と考えられる(たとえば、九州大学の平成18年度入学者を対象にした未履修科目のデータ例

http://rche.kyushu-u.ac.jp/investigation/data18unstudy_subject_new.pdf)。同様に理科総合Bの履修率も10%前後になる。

以上より、小・中・高校を通じて、人類進化を学ぶ機会は非常に限られており、内容もごく一部であること、すべての生徒が同じように学んでいるわけではないことがわかった。指導要領改訂以前の調査結果(松村, 2007; 松村ほか, 2008; 高山・若林, 2008)と比べても、授業時間数が増えたにも関わらず、人類進化に関して教育の機会を拡大するような改善は認められていないのである。

教員へのインタビューから

現場の教員は、人類進化を授業でとりあげることにいつどのような感想を持っているか、また、今回作成した新しい学習プログラムの導入が可能な分野や課程はあるのかなどを知るため、現場教師へのインタビューを行なった。対象は、著者が夏休み期間中に2007年から2009年にわたって実施した教員向け講座「標本活用講座：哺乳類学入門」の受講者である。彼らは小学校から高校

までの教師で、担当教科も地学、生物など様々であった。博物館の展示や資料を自分たちの授業に活用したいと考え、熱意を持って講座を受講していた。寄せられた意見は、以下のようであった。

- ・人類化石の発見など新しい動きが多く、学校の授業でとりあげにくい。
- ・人類進化を解説するにあたって、学校で使える資料は化石の写真等にとどまるため、生徒の理解を深めさせることが困難である。
- ・初期人類の学名、地名、系統関係が、たくさん出てきて煩雑である。

上で分析した指導要領にもとづく学習内容によると、学校の授業の中で、人類進化を学ぶことができるのは、高校の生物Ⅱと理科総合Bの履修者だけである。そして、この履修においても、学校での学習には常に困難さが伴うようである。同様の結果は、先に触れた日本人類学会のシンポジウムにおいても報告されている(藤枝, 2007; 平田, 2008)。

以上より、人類進化の学習プログラムを直接学校に導入することは教育体制の上からも、現場教師のおかれている教育環境からも、かなりの困難さを伴うことがわかった。

しかし、我々人間のルーツをたどることは、現在の自分を見つめ、未来へむけての指針を得る上でも重要なことであるという認識に立ち戻れば、学校において子どもたちが人類学を学ぶことの意義は大きい。

数少ない事例ではあるが、学校の現場での人類学教育の実践からは、子どもたちが知的好奇心を大いに刺激される様子が明らかになり、また、人類進化というテーマ自体が理科教材として優れたものであるという報告がある(荒井, 2007; 平田, 2007, 2008; 宮本, 2008)。学校の側から、人類進化を学ぶことへのニーズをはっきりと提出された事例として受け止めたい。

<3>学習プログラムの作成と博物館活動(まとめ)

上のようなニーズにこたえるために研究者や博物館がやるべきことを考えてみたい。

日本人類学会は、人類学が学校で学習される機会を失いつつある状況を深刻に受け止め、2006年以来シンポジウムなど(松村・馬場, 2007ほか)を開催して議論を深め、2009年には人類学教育普及委員会を発足させた。また、2008年1月には、「初等中等教育に人類学的観点を導入する必要性についての提言」を文部科学省に提出した(日本人類学会, 2008)。本報告で紹介した教科書調査、教員の意識調査、学校での実践例などは、このような一連の活動と深く関わっている。

本報告で扱った学習プログラムは、主に小学生を対象にしたものである点、博物館での自由な学習形態がもとになっているという点で、上の流れとは趣を異にしている。しかし、人類進化や人類学を学ぶことへのニーズと危機的現状が認識された今、作成した学習プログラムと学校での学習のすり合わせを行う意義は大きい。

そのための第1段階として、本報告の学習プログラムと学校における学習形態を対比させて示し、すり合わ

表 4. 人類進化の学習プログラムと学校の学習形態の比較.
本報告の学習プログラムと学校での学習を学習形態の観点から比較し、すり合わせのための方針も示した.

	本研究のプログラム	すり合わせの方針	学校の学習
生徒の人数	10人程度	小グループと全体を使い分ける	クラス全体30から40人
講師	一人時に複数		原則として一人
学習テーマ	自由に設定する	学習項目との対応づ個別テーマ選択	学習指導要領に基づく
テキスト	独自テキスト 1テーマ1冊	テキストを細分化する 解説のための情報ボックスを充実させる	教科書、理科資料集、副読本
材料	標本資料	キット化	写真等
時間数	全部で4時間	ダイジェスト化	1時間程度
サブ活動 (体験型)	塗り絵、紙粘土などで工 作をしながら、学んだ内 容を振り返る	トピックスごとに関連す るサブ活動を発見する	特になし

せの方針を模索した (表 4)。今回の学習プログラムは、少人数学習・クイズ形式のテキストや進度などの点で、学校における通常の授業とは大きく異なっている。すり合わせは、対象年齢の引き上げ、生徒の学年にあった個別テーマの抽出やサブ活動分野の開拓などによって可能になってくると思う。

また、イラストクイズやいくつかのサブ活動項目は、すべて生徒の学習意欲を高める効果を持っていた。それ自体でも教材として活用できるよう工夫を重ね、広く宣伝していくことは、博物館の使命と考える (畑田ほか、2008)。

そして、このような教材・標本資料・学習方法の解説をセットとして「人類進化学習キット」が整備できれば、学校側のニーズにこたえていくことも可能となる。学校と研究者をつなぐ架け橋としての博物館の役割を果たすため、学習プログラムのさらなる改良をはかっていきたい。

謝 辞

本論文のもととなった講座「サルからヒトへの進化を学ぶ」の企画・実施にあたっては、常に講座実施をリードしてくださった猪尾武達氏はじめ、神奈川県立生命の星・地球博物館哺乳類ボランティアの頭本昭夫氏、野口友美氏、大滝 緑 氏、安斎節子氏、守野聡子氏、比賀江文子氏他多くの皆さんに多大なご支援をいただいた。ここに記して深く御礼申し上げる。

引用文献

荒井正春, 2007. 小中学校における人類学教育. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 42-46.

千葉美津芳, 2008. サルはヒトの祖先なの? てら子屋, **10**: 51-54.

藤枝秀樹, 2007. 高等学校理科における人類学教育の現状. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 49-52.

畑田 彩・鈴木まほろ・三橋弘宗, 2008. 博物館と生態学: まとめ, 連載「博物館と生態学」を振り返って. 日本生態学会誌, **58**: 57-61.

鳩 貝 太 郎, 2007. 学 習 指 導 要 領 と 生 物 教 育 の 課 題. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 56-60.

平田泰紀, 2007. 中学校・高等学校における理科教育にとっての人類学. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 46-49.

平田泰紀, 2008. 中学・高校における人類学教育のニーズと教育実践. *Anthropological Science* (Japanese Series), **116**: 199-202.

広谷浩子, 2005. 来館者の行動観察をもとにした博物館の利用状況の分析. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), **43**: 55-60.

広谷浩子, 2008a. 博物館で教える人類進化—教材開発と実践に関する研究—. 全日本博物館学会第 34 回研究大会発表要旨, pp.10-11.

広谷浩子, 2008b. 「てら子屋」の発想とスタンス. てら子屋, **10**: 54.

広谷浩子, 2009. 霊長類学と博物館の接点は?—研究者と市民をつなぐかけ橋としての活動—. 霊長類研究, **24**: 413-420.

石田 惣, 2006. 博物館と生態学 (2) 学校と博物館の連携で展開される生態学教育. 日本生態学会誌, **56**: 212-216.

松村秋芳, 2007. 高校教科書から探る進化生物学と人類学教育. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 53-56.

松村秋芳・馬場悠男, 2007. シンポジウム「小・中・高校における人類学教育」. *Anthropological Science* (Japanese Series), **115**: 41.

松村秋芳・高山 博・高橋 裕, 2008. 人類の起源は理科の教科書でどのように扱われてきたか. *Anthropological Science* (Japanese Series), **116**: 202-206.

宮本俊彦, 2008. 中等教育段階の生徒における生物進化に対する認識の現状と進化概念形成への人類学学習の効果. *Anthropological Science* (Japanese Series), **116**: 194-198.

日本人類学会, 2008. 初等中等教育に人類学的観点を導入する必要性についての提言. 4pp.

西垣 亨・布谷知夫, 2005. 学校が行う地域での「博物館」づくり. 博物館学雑誌, **30**(2): 117-128.

澤田美奈子, 2008. 点と線のむすび方. てら子屋, **10**: 46-47.

諏訪 元, 2006. 化石からみた人類の進化. 石川・斎藤・佐藤・長谷川編「シリーズ進化学 5 ヒトの進化」, pp. 13-64, 岩波書店, 東京.

高山 博・若林美由紀, 2008. 高等学校検定済教科書 (日本史・世界史) における人類学記事の時代変化. *Anthropological Science* (Japanese Series), **116**: 207-210.

樽 創・田口公則・大島光春・今村義郎, 2001. 博物館と学校の連携の限界と展望—中間期間設置モデルの提示—. 博物館学雑誌, **26** (2): 1-10.

(受付 2009 年 12 月 2 日 ; 受理 2010 年 1 月 27 日)

塗り絵をコミュニケーションツールに使った子どものための展示について — 2009 年度特別展における「ぬりえ de おめん」コーナーの実施報告 —

A Museum-exhibit Communication Tool for Schoolchildren: Coloring of Animal Mask

石浜佐栄子・大島光春・広谷浩子・田口公則¹⁾

Saeko ISHIHAMA, Mitsuharu OSHIMA, Hiroko KUDO-HIROTANI & Kiminori TAGUCHI¹⁾

Key words: museum, children, exhibit, coloring, communication tool

1. はじめに

博物館の展示をつくるにあたり、来館者を一束にして考えるのではなく、あらかじめ対象（世代）を設定できれば、展示企画の目的が達せられ、来館者に満足をもたらすことができる可能性が高い。日本の多くの博物館では、幅広い世代の人々が訪れていることが一般的である。そのため、対象（世代）ごとに展示を作るか、あるいは各世代のニーズを複合的に展示の中に取り込んでいくことを考えておく必要がある（端, 2000）。なかでも小学生以下の世代は、特に配慮しない限り、展示の対象から外れてしまうことが多い。

神奈川県立生命の星・地球博物館（以下、当館）では、年間 23.2 万人（2008 年度）の来館者数のうち、園児が 10.3%、小学生が 29.4%と、小学生以下の子どもが占める比率は 39.7%にもものぼる（神奈川県立生命の星・地球博物館, 2009）。当館には、子ども（本論中では、園児＋小学生として扱う）も楽しむことができる展示がもちろん存在するし、講座等の子ども向け普及事業も随時開催しているが、常設の展示室内に子ども向けのコーナーを設けたり、特別の配慮やアピールを施すことはしていない。特別展示を行う際には、工作コーナーを設置（出川, 2009）したり、特定の日にワークショップを開催（平田ほか, 2004）するなど、子どもが展示室内で楽しめるような工夫を凝らすこともしばしばある。しかし、これらはいずれも職員やボランティアなどのスタッフを常時配置することによって実現しえたものであり、十分なマンパワーがなければ、そのまま定常的な展示の中に組み込むことは難しい。

そこで 2009 年度の当館の特別展「木の洞をのぞいてみたら一樹洞の生きものたち」において、子どものための体験的展示スペースを設置し、スタッフが常駐しないかたちでの子どものための展示を試みた。本論では、その中でも特に、動物のおめんを使った塗り絵コーナーにおける試みの成果について報告する。なお本展示の実践の一部には、科学研究費補助金（基盤 (C)「子どものための展示開発—自然史博物館にふさわしい展示と展示プラン」、課題番号：20605018、研究代表者：大島光春）を使用した。

2. 子どものための体験的展示スペースの概要

特別展「木の洞をのぞいてみたら一樹洞の生きものたち」は、木の中につくられた樹洞と、樹洞を利用する生き物たちを紹介した展示である。子どもにも親しみやすい雰囲気との展示構成とし、また樹洞や動物を懐中電灯で照らして観察するような仕掛けを作るなど、入場者の主体的な体験を促す工夫も行った（図 1）。

特別展スペースのうち、入口から最も奥側にあたる約



図 1. 特別展示室に設置した大きな実物の樹洞を、懐中電灯で照らしながら覗き込む子ども。樹洞の中には、クマの剥製が配置されている。

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
石浜佐栄子: ishiha@nh.kanagawa-museum.jp

9 m × 4.5 m (展示全体の 1/7 程度) の床面積を使用して、スタッフが常駐しないかたちでのハンズ・オン型展示からなる、子どものための体験的展示スペース「樹洞であそぼう!」を設置した。このスペースは、子どもが森の動物になって遊べる場所を展示室内に作るというコンセプトで企画したもので、「のぞいてみよう!」「ムササビ飛んでみよう!」「ぬりえ de おめん」の 3 つのコーナーから構成される(大島, 2009)(図 2, 図 3)。「のぞいてみよう!」は、動物の剥製や画像を穴から覗く仕掛けの展示ブース(図 4)、「ムササビ飛んでみよう!」はムササビの着ぐるみを着用し、映像を見ながら滑空する気分を味わう装置(図 5)である。「ぬりえ de おめん」は、工作すると「おめん」となる動物の顔の塗り絵用紙と色鉛筆を用意したコーナーである。いずれの展示も、スタッフが常駐しないという前提で、装置等の安全性や、映像や画像を使った分かりやすい解説に配慮した。

3. 「ぬりえ de おめん」コーナーにおける試み

(1) 目的および期待される効果

「ぬりえ de おめん」コーナーの設置目的は、来館者に、展示室内にある動物の剥製(特に顔)をじっくり観察するきっかけを提供し、塗り絵という行為を楽しみながら展示物(動物の剥製)に親しんでもらうことである。塗り絵自体は、たいていの子どもにとって経験したことのある身近なものであり、近年では大人にも「大人のぬりえ」ブームを巻き起こすなど、多くの人にとって基本的に楽しい行為だと認識されている。塗り絵という手法を使うことによって、白紙からのスケッチよりも難易度が低く、絵が得意でない人にとっても参加が促進されるとともに、細かな観察や特徴の発見が促されることが期待できる(有田ほか, 2009)。また、動物の「顔」に注目して、自ら表現し、おめんとして自分の顔に重ね合わせることで、『来館者が自分自身の理解や経験と一致するように展示を「個人化」する(フォーク・ディアーキング, 1996)』効果もあると考えられる。そこで、子どもが展示物を観察し、自ら表現して理解する、すなわち「展示物と対話する」ための 1 つのツールとして塗り絵が有効であると考え、本企画を実施した。

塗り絵の良いところは、博物館で体験するだけではなく、持ち帰ってお土産にできるところにもある。今回はただの塗り絵で終わるのではなく、簡単な工作を行うと動物の顔の「おめん」としても活用できるように設計した。そのため、博物館においてだけではなく、おめんとして自宅で再び楽しむことによって、子どもにより強い印象を残し、展示が長く記憶に留まり影響を及ぼすことが期待される。

(2) 実施手法

展示を行う動物の中から、顔に特徴があって観察に適しており、かつ子どもに親しみやすいものを検討し、ムササビ、モモンガ、フクロウ、ニホンアマガエルの 4 種類の動物の顔のオリジナルイラスト(線画)を準備した。特にムササビとモモンガは、一見似ているような印象を持たれがちだが、体の大きさだけではなく顔の特徴も異

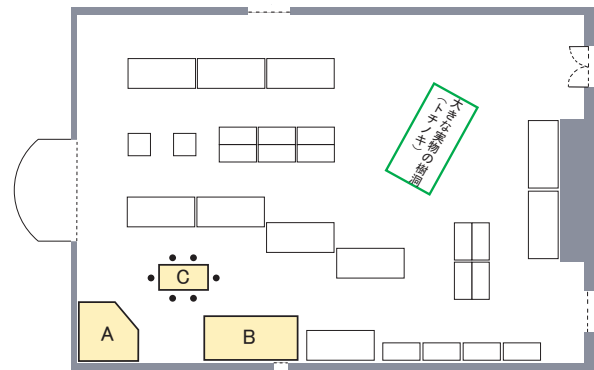


図 2. 特別展示室のレイアウト(四角は展示ケース)。図の右上が入口、左下が子どものための展示スペース「樹洞であそぼう!」に相当。Aが「のぞいてみよう!」、Bが「ムササビ飛んでみよう!」、Cが「ぬりえ de おめん」のコーナー。



図 3. 体験的展示スペースの全体の様子。



図 4. 「のぞいてみよう!」のコーナー。クイズの正解のボードを回転させて穴を覗くと、動物の剥製があらわれる。常時オルゴール音を流して注意を引き、来館者の働きかけを促した。

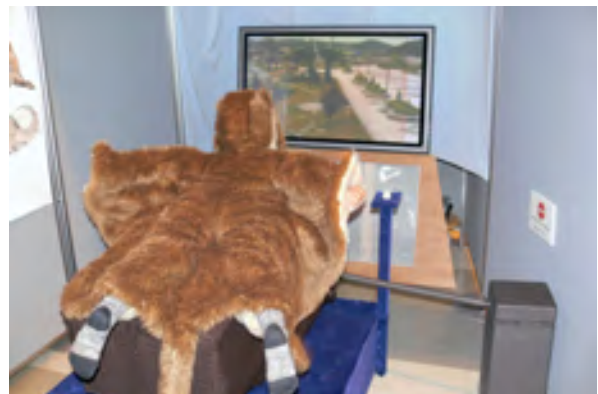


図 5. 「ムササビ飛んでみよう!」のコーナー。ムササビの着ぐるみを着用し、ムササビ目線撮影した映像をうつぶせになりながら見て、滑空する気分を味わう。

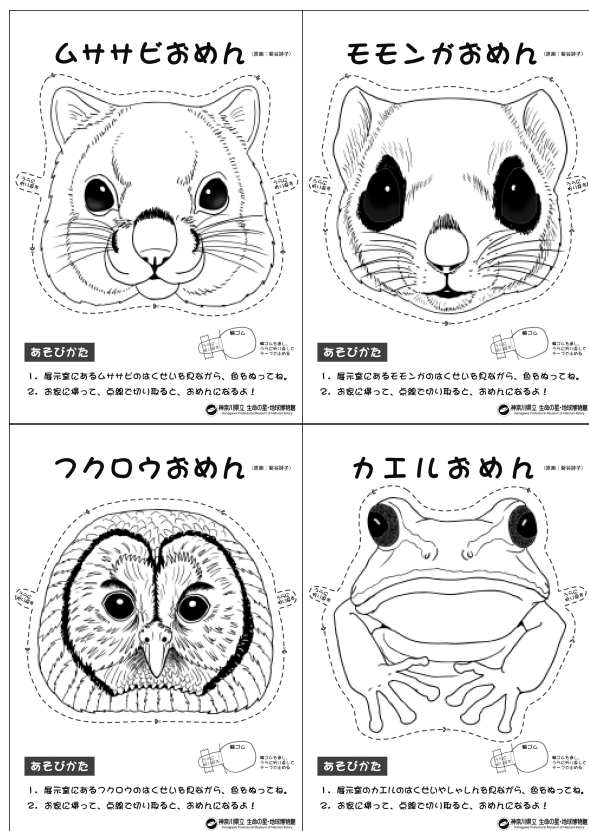


図6. 4種類の「ぬりえ de おめん」用紙 (原画: 菊谷詩子氏).
各動物をそれぞれ A4 サイズで印刷した。

なることを比較して楽しめるという観点から、両者をイラスト化の対象として選んだ。

これらの線画を、顔の大きさに合うよう調整し、おめん化するための切り取り線や注意書き等を追加して、A4 サイズに印刷した (図6)。薄いコピー用紙だと乱用されたり持ち帰られない可能性が高くなると考え、厚口プリンタ用紙 (110 ~ 130 g/m²) を使用した。切り取り線に沿ってはさみ等で切り取り、輪ゴムをテープ等で留めて耳に引っ掛けるかたちに工作すれば、動物のおめんが完成する。この用紙と画板を壁際に設置したラックに設置し、子ども用の低い机と椅子を置き、机の上に色鉛筆を用意した。来館者は、画板を使って展示室のあちこちの剥製の前へ移動して塗り絵を行うことも、椅子に座って机の上で塗り絵を楽しむこともできる。安全確保のためと、家でも引き続き体験をしてもらうため、ハサミや輪ゴムは展示室内に用意せず、博物館で塗り絵を、家でおめん作りを楽しむよう、説明を付けて促した。複数種の動物の塗り絵を展示室内に用意し、好きな動物を選んで使用してもらうことを当初は考えていたが、そうすると来館者は用意された全ての種類の塗り絵を持ち帰ろうとする傾向が強いことが分かった。予算的な制約があったため、1日につき1種類の動物のみを日替わりで展示室に置くこととし、1人1枚限りという注意書きをつけて、来館者が自由に使用できるように設置した。

塗り絵は、基本的に自分の好きな色を用紙に塗る行為であるため、何の導入もなければ、ただ好きな色を塗って終わり、ということにもなりかねない。来館者に展示物をじっくり観察し、展示物と対話してもらうため、塗

り絵と展示室の剥製を関連づけるような簡単な文章やイラストをコーナー周辺にちりばめ、展示室の剥製に目を向けさせるよう試みた。また、どのようなコーナーなのかを分かりやすく示すため、色々な人が実際に色を塗っておめんにした様々な見本をコーナー周辺に配置した。

(3) 結果

a) 参加者数および参加者の動向

特別展の期間 105 日間 (2009 年 7 月 18 日 ~ 11 月 8 日、総入場者数 82,754 人 (当館管理課調べ)) で、合計 11,979 枚の用紙が使用された。その場で参加せず家に持ち帰った人の分も含むこととなるが、用紙の使用枚数を参加者数とみなすと、期間全体で 1 日平均 114 人、来館者の多かった夏休み期間中 (7 月 18 日 ~ 8 月 31 日) では 1 日平均 164 人の参加があった。期間全体で平均すると、特別展入場者数の 14.5% (約 7 人に 1 人) がこのコーナーに参加したという計算になる。

コーナーの様子を不定期に観察して回ったところ、参加者層は当初の目的通り、園児 ~ 小学生が最も多かった (図7)。子どもと一緒に参加したり、他のコーナーで遊んでいる子どもを椅子に座って待つ間に自分が楽しんでいるような保護者も、かなり見られた。子ども連れの家族以外でも、中学生以上の学生が友達同士の複数人で、また年配層の団体が皆で参加しているような光景もしばしば見られ (図8)、子ども向けの企画ではあったが、予想以上に幅広い世代からの反応があった。



図7. 「ぬりえ de おめん」に参加する子ども。



図8. 「ぬりえ de おめん」に参加する大人の団体。互いに作品を見せ合いながら、会話をしている。

様々な世代からの参加があったものの、子どもと大人では、本コーナーに対する関わり方に違いが見られた。子どもは保護者とともに、または家族と離れて1人でも参加する傾向があるが、中学生以上の大人は、大勢でわいわいと互いの絵を見せ合って会話をしながら団体で参加する傾向が強かった。子どもは塗り絵自体と向かい合って対話している一方、大人は塗り絵を通して他人と対話しているように見受けられた。中学生などの学生世代では、まさに友達同士のコミュニケーションのために参加しているためか、塗り終わった用紙を持ち帰らず展示室内に置いて帰ってしまうこともあった。なお、その他の世代では、持ち帰る参加者が大多数だったが、小さな子どもが保護者と離れて1人で参加した場合には、置いて帰ってしまうことも、ままあった。

b) 日々の参加者数の統計

本コーナーへの参加者の動向を客観的に把握し、今後の参考とするため、1日ごとに塗り絵用紙の使用枚数の調査を行った。以下の統計では、複数種の動物の塗り絵を展示室内に用意した展示開始直後の数日間を除いた、1日につき1種類のみの塗り絵を置いた日の調査結果について扱う。

参加者数（塗り絵使用枚数）を、特別展への日々の入場者数（当館管理課調べ。特別展入口に設けた自動カウンターによる。ただし入場者が出入りを繰り返した場合は複数人としてカウントされるため、実際の入場者数よりも多く見積もられている可能性がある）との関係で見ると、入場者数が増えるに従って、「ぬりえ de おめん」参加者数もほぼ比例的に増える（図9）。特別展入場者数に対する参加者数の比率（参加者数／特別展入場者数×100）を曜日ごとにみると（図10）、夏休み期間中は曜日に関わらず10～20%、夏休み期間以外の休日（土日祝日）も同様の10～20%（連休かどうかには左右されない）であった。一方、夏休み期間以外の平日は、子どもの入場者の比率が特に少ない日に参加者数の比率がばらつき、入場者数が際立って少ない日には比率が高くなることもあるが、全般に夏休みや休日より低めの5～15%程度となる。子どもにとっての休日である休校日（夏休み期間中+土日祝日）と、平日とでは、参加者数の比率に差があることが分かった。

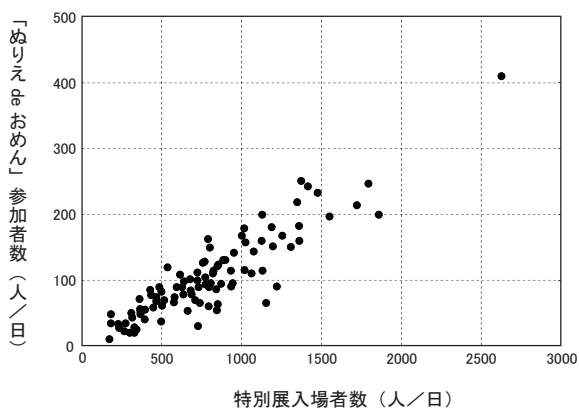


図9. 特別展「木の洞をのぞいてみたら」の1日ごとの入場者数と、「ぬりえ de おめん」の参加者数（塗り絵使用枚数）。

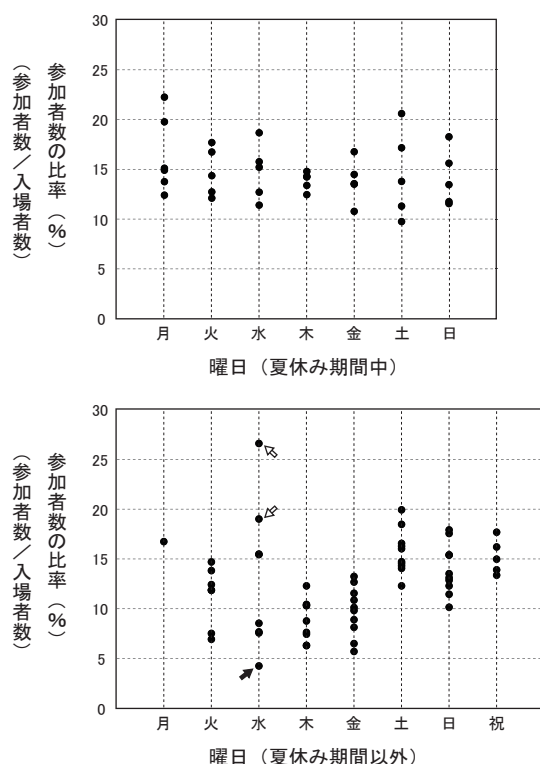


図10. 曜日ごとにみた、特別展入場者数に対する参加者数の比率。夏休み期間中とそれ以外に分けて集計。夏休み期間以外の月曜は休館だが、11/2のみ飛び石連休の中日のため開館した。夏休み期間以外の平日で参加比率が特に高い日（白矢印）は、いずれも特別展入館者数が180名程度と非常に少なく、うち子どもの比率が25%以下と低い日。参加比率が5%以下と特に低い日（黒矢印）は、特別展入場者数は730名と普段通りで、子どもの比率が20%と期間中最も低い日に相当する。

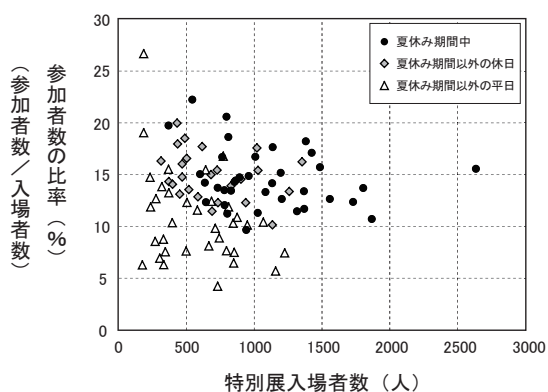


図11. 特別展入場者数と、参加者数の比率の変化（期間別）。

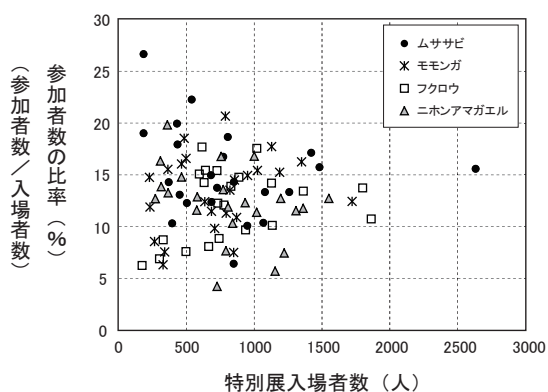


図12. 特別展入場者数と、参加者数の比率の変化（動物の種類別）。

表 1. 4種類の動物による、入場者に対する参加者数の比率の違い(各日の平均値)。

	ムササビ	モモンガ	フクロウ	カエル
参加比率の平均 (%)	15.2	13.3	12.1	12.2

なお、特別展入場者数の増加に対しては、参加者数の比率はそれほど大きくは変化しなかった(図 11)。また、動物の種類による参加者数の比率の変化は、多少の差はあったものの、それほど大きくはなかった(図 12, 表 1)。

c) 剥製を用いた塗り絵ワークショップ

今回の試みでは、コーナー内に動物の剥製を置くことはしなかったが、剥製を目の前に置いた場合に子どもの塗り絵行動がどう変化するかを観察するため、8月9日(日)、9月12日(土)、10月17日(土)、11月8日(日)の4日間、各2～3時間程度のワークショップを、展示室内の「ぬりえ de おめん」コーナーにおいて実施した(図 13)(総参加者数 173 名)。事前の広報などは行わなかったため、参加者は通常の日と同様の入場者層である。このワークショップに関しては、スタッフがコーナー内に常駐し、4種類すべての動物の塗り絵用紙と剥製を用意して、好きな動物を選べるようにした。

机の上に剥製を置いてみたところ、スタッフが促さなくても、ほとんどの子どもが塗り絵と動物の剥製との関係を理解し、自発的に剥製を観察しながら塗り絵に色を塗った(図 14)。特に混雑していたり保護者に急かされたりしていない場合は、こちらが驚くほどの長い時間(平



図 13. 塗り絵ワークショップの様子。



図 14. 剥製を観察しながら、塗り絵を行う子ども。



図 15. 塗り絵ワークショップで実施した、おめんを付けての展示室内での記念撮影。インスタントカメラを使って撮影し、写真をお土産として参加者に渡した。

均 15 分以上)をかけて、集中して丁寧に塗る子どもが相当数にのぼった。なおワークショップ中は、塗り絵だけでなく、はさみで切り取っておめんのかたちに完成させ、その場でかぶって記念撮影なども行えるようにした(図 15)。当日は動物のおめんをかぶった子どもたちが展示室内を歩き回ることとなり、来館者も展示の中に溶け込み、展示として参加するような効果も生み出した。

(4) 考察

a) 展示物との関連づけに関する工夫と課題

本コーナーの目的は、塗り絵を通して動物の剥製をじっくり観察するきっかけを提供し、展示物に親しんでもらうことにあった。そのため、塗り絵と展示室の剥製を関連づけて、展示室の剥製に目を向けさせるよう試みた。まず、画板を使い展示室内の様々な場所へ移動して塗り絵を行うよう説明書きで促したが、画板を持ってコーナーから離れさせることは、実際にはかなり困難であることが分かった。座って塗り絵ができないよう、一時的に椅子の撤去も行ってみたが、参加者は立ったまま、あるいは床に膝をついても、やはり机の周辺で塗り絵を行う傾向は変わらなかった。そこで試しに、博物館で実施した講座の参加者に対し、画板を使った展示室内各所での塗り絵を体験してもらった(図 16)。その結果、大人にとっては可能であるが、子どもにとって、画板を使って不安定な体勢で最後まで集中して塗り絵を完成させることは難しいことが分かった。



図 16. 博物館の講座の参加者に対して実施した、展示室内での画板を使った塗り絵の試みの様子。

子どもを集中させるためには、やはり椅子に座るなど落ち着いた体勢を取らせる方が望ましい。そうだとすると、展示物と塗り絵を関連づけさせるには、展示物をコーナー周辺に配置する必要が出てくる。展示構成の関係上、4種類の動物の剥製をコーナー内に配置することは不可能だったので、該当の動物の写真を周辺にさりげなく配置したところ、その写真を見ながら色を塗る参加者も現れた。しかし、周辺に配置した見本のおめんとを真似して塗ってしまう参加者も多く、“見本通りに塗る”ことに重点が置かれてしまう傾向があったことは否めない。コーナーから離れた場所にある展示物との関連を気づかせることは容易ではなく、展示物の配置や、見本と説明の置き方などの点で課題が残った。

ワークショップに参加した子どもの様子からは、剥製を目の前にして座って塗り絵ができる状況に置かれれば、スタッフからの促しがなくても、子どもは能動的に観察し、表現し、対象物と対話できることが分かった。今回は展示構成の関係で実施できなかったが、展示物を目の前にして落ち着いて作業できる状況を展示室内に作り出すことができれば、スタッフが常駐しなくても、塗り絵が来館者と展示物との対話のツールとして有効に作用できる可能性は高いことが示唆された。

b) 参加者数の比率を左右する要因

展示室内の人数が増えても、参加する比率はさほど変わらなかったことから（図11）、今回の特別展入場者数の規模では、展示室内の人数（混雑状況）は参加するかどうかの意思決定に対して基本的に大きな影響を及ぼしていないといえる。また、ワークショップの様子や来館者の声などから各動物の人気の差が予想されたが、実際に塗り絵に参加するかどうかは、用意された動物の種類によってそれほど左右されなかったことが、統計データからうかがえる（図12、表1）。特別展期間中に複数回訪れたリピーターが、前回と異なる種類の塗り絵を楽しむ様子もしばしば目撃されており、来館者はどの種類であれ、用意された塗り絵を楽しんでいた。

参加者数の比率を有為に左右したのは、子どもにとっての休日である休校日（夏休み期間中＋土日祝日）であるかどうかである。前述のように、夏休み期間以外の平日における本コーナーへの参加比率は、休校日（夏休み期間中＋土日祝日）よりも低い。その理由として、まず、平日には子どもの入館者が少ないためではないかということが考えられる。しかし、9～11月の平日は、秋の遠足シーズンで学校団体の来館があり、決して子どもの入場者数が少ない日ばかりではない。特別展に入場した子どもの数は直接統計を取っていないが、特別展に入場した無料入場者（園児、小学生、中学生、障がい者、招待券使用者などを含む）のうちの、博物館に入館した無料入館者中の子ども（園児＋小学生）の比率から推定*すると、むしろ特別展入場者のうちの子どもの比率は、休日よりも高い日が多い（図17）。それにもかかわらず、

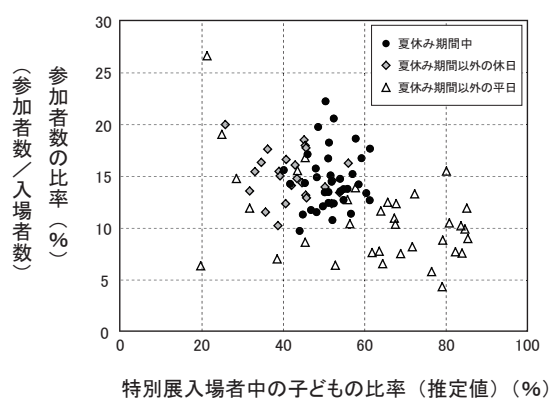


図17. 特別展入場者中の子どもの比率（推定値）と、参加者数の比率。

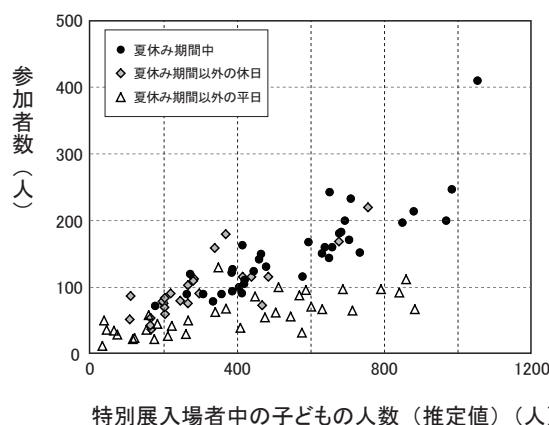


図18. 特別展に入場したと推定される子どもの人数と、参加者数の関係。グラフの横軸は自動カウンターの数から推定した値*であり、展示室への出入りが繰り返された場合は、実際の人数よりも多く見積もられている。

参加者数の比率は伸びておらず、平日の参加比率が低いのは子どもの入館者が少ないためとはいえない。特別展に入場した子どもの数と参加者数の間には相関があり、子どもの数が増えるほど参加者数は増えるが、休校日と平日では傾向が異なり、休校日に来館する子どもの方が明らかに参加する比率が高い（図18）。同じ子どもでも一括りにして考えることはできず、休日に家族連れで来館する子どもと、平日に学校団体で来館する子どもでは、本コーナーに対する参加意欲が異なることがうかがえる。なお、園児と小学生の来館者数の割合は、休校日で1:1.5～1:3程度と小学生の方が多く、平日は1:0～0:1近くまでばらつきが大きくどちらが多いとも言えないが、園児のみ、小学生のみの人数で見ても、上記と同様の傾向が見られた。

c) 休校日と平日の子どもの塗り絵に対する行動の違い

休日に家族連れで来館する子どもに比べて、遠足など学校団体で訪れる子どもは、なぜ本コーナーに参加する意欲が低いのであろうか。館に滞在する時間が限られているためや、行動を監視する引率者からのプレッシャーのために、椅子に座ってじっくり作業をしようという気にならなかったのかもしれない。だがそれにしても、学校団体の子ども同士が、大人の団体のように互いの絵を見せ合いながら参加したり、塗り絵を友達とのコミュニケーションツールとして使用する傾向が見られなかった

*

（特別展に入場した子どもの数（推定値））

$$= \frac{\text{（特別展無料入場者数（カウンタで計測））} \times \text{（無料入館券を発券した園児＋小学生の数）}}{\text{（無料入館券の発券数の総計）}}$$

ことは、興味深い。子どもにとっては、塗り絵というツールが個人的に没頭するためのものであり、友達と体験を共有してつながりを強める役割を果たすもの（子ども同士のコミュニケーションツール）とはみなされなかったともいえる。

しかし、塗り絵が子どもにとってのコミュニケーションツールとして役に立たなかったのかというと、そうでもない。家族連れで来館した子どもの場合は、保護者からの語りかけによって、家族で対話をしながら塗り絵を行うことが多かった。対話によって動物の特徴や展示物との関連に気づくなど、参加体験が深まることも多く、家族間、特に親（大人）と子どもの間でのコミュニケーションツールとして有効に活用されている現場を度々目にした。大人の介在によって、塗り絵が、子どもにとってもコミュニケーションツールとして活用される可能性が高まると考えられる。

(5) まとめ

「ぬりえ de おめん」は概ね好評で、子どもをはじめとした幅広い世代の、約 12,000 人もの来館者に参加してもらうことができた。机と椅子を設置したことによって、休憩がてら参加してみるという、本来であれば参加しなかったかもしれない非積極的な層を取り込む効果もあったと推定される。塗り絵を楽しむ人以外にとっても、展示室内でゆったりと過ごすことができる空間を作り出したことで、結果的に来館者の滞留時間の延長に貢献することができた。

展示構成に合ったオリジナル塗り絵を準備し、展示物と関連づけてコーナーを設定したことで、ただの塗り絵に留まることなく、塗り絵の対象となる動物に興味を持ち展示物に親しむという目的は、ある程度達成できたと考えられる。「展示物との対話」という観点では、展示物や見本の配置や説明方法などの点で課題が残った。しかしワークショップでの試みから、展示物の配置など設定の工夫次第で、たとえスタッフが常駐しないかたちであっても、塗り絵という手法が、子どもが展示物との対話するためのツールとして有効に活用されうる可能性が示された。

参加者の観察を通して、この塗り絵という手法が「展示物との対話」のほか、同伴者とのコミュニケーションツール、すなわち「人との対話」の道具としても有効に活用されることが分かってきた。来館者が展示物をじっくりと観覧し、博物館での体験を印象深いものとして持ち帰るには、同伴者とのコミュニケーションや体験の共有が重要な役割を果たすと考えられている（フォーク・ディアーキング, 1996; 広谷, 2005）。特に家族で博物館を訪れた子どもにとっては、保護者との対話、体験の共有の有無によって、展示体験に対する印象深さが全く違うであろうことは、想像に難くない。「ぬりえ de おめん」は、博物館で家族と体験を共有すること、更に家に帰っておめんを作りながら再び家族と対話することで、コミュニケーションツールとしての役割を果たし、展示室での短い体験にとどまらない印象深い体験として記憶に刻まれることが期待される。スタッフが常駐しなくても、

同伴者同士のコミュニケーションを促進するような展示であれば、豊かな博物館体験を来館者に提供できる可能性が高いといえるだろう。

4. 今後の「子どものための展示」開発に向けて

2009 年の特別展において、「ぬりえ de おめん」など 3 つのコーナーからなる体験的展示スペースを設置し、スタッフが常駐しないかたちでの子どものための展示を試みた。子どもの頃の博物館の印象は、大人になっても記憶に残るものであるし、大人になってその博物館経験が生きてくる（大月, 2008）。また幼い頃から博物館という環境に慣れ親しめば、自然に博物館を自分たちのものとして考えることにもつながる（柘植, 1998）。入館者のうち決して少なくはない割合を占めている子どもに対して、博物館は試行錯誤しながら子どものための展示の開発を続けていく必要があるといえるだろう。

子どものための展示とは言っても、子どもだけが楽しめる展示を作ろうというわけではない。博物館における体験は、前述のように、同伴者とのコミュニケーションの中で育まれるという社会的な側面がある。子どもは、保護者が博物館との仲介者となり、一緒に展示を共有できたときに最も良く学べると言われている（三木, 1999; コールトン, 2000）。子どもにとっての保護者との対話や体験の共有の重要性を考えると、博物館に慣れていない大人も楽しめる展示、親子が一緒に学べるスタイルの展示が望ましいといえるだろう（三木, 2000）。特に、今回のようにスタッフが常駐しない展示の場合、保護者の働きかけによって、子どもの参加体験が深まる効果は大きいと期待される。保護者がスタッフの代わりとなって子どもの体験の手助けができるような、大人向けの解説などを用意するなどの仕掛けがあると、展示がより有効に機能するのではないかと推察される。

また、今回明らかになったことの一つに、休日に家族連れで来館する子どもと、平日に学校行事で来館する子どもでは、同じ展示に対しても関わり方が異なっていたということがある。「ぬりえ de おめん」の場合、学校行事で来館する子どもに対しては、家族連れの子どもの対するほどアピール力がないということが分かった。スタッフが常駐する展示では、スタッフとのコミュニケーションを通して展示への関わりを深めることができるが、スタッフが常駐しない展示ではそれができない。そのためスタッフが常駐しない展示では、誰と一緒に訪れるかという社会的コンテクストがより強く子どもの行動に影響を及ぼし、その展示を同伴者とのコミュニケーションにどう利用できたかが展示の印象を大きく左右していることも考えられる。同じ子どもであっても、家族連れで訪れる子どもに対してと、学校団体で訪れる子どもに対してでは、異なる切り口での展示方法を考えていかなければならない可能性が高い。今回の試みの結果をもとに、今後更に子どものための展示開発についての検討を進めていきたい。

謝 辞

本展示の実践には、当館学芸員の加藤ゆき氏、特にワ

ークショップに関しては当館ボランティアの高橋里恵氏、草山清美氏にご助力頂いた。塗り絵の原画は、サイエンス・イラストレーターの菊川詩子氏にご提供いただいた。また当館学芸員の平田大二氏には、粗稿に対して有益な助言を頂いた。記して御礼申し上げる。

引用文献

- 有田寛之・高橋みどり・高田浩二・三宅基裕, 2009. 科学系博物館の展示を活用したぬりえの開発. 平成 19 ～ 20 年度科学研究費補助金(基盤研究 A) 研究成果中間報告書「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」, pp.9-18.
- コールトン, T., 2000. ハンズ・オンとこれからの博物館. 256pp. 東海大学出版会, 東京.
- 出川洋介, 2009. 菌類をテーマと下 2006 年度特別展の開催記録. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (38): 31-44.
- フォーク, H.・ディアーキング, D., 1996. 博物館体験. 215pp. 雄山閣, 東京.
- 端 信行, 2000. 今、なぜ展示技法の開発なのか. 国立民俗学博物館調査報告, (16): 5-25.
- 平田大二・新井田秀一・山下浩之・田口公則・佐藤武宏, 2004. 特別展「人と大地と—Wonderful Earth—」の開催記録と自己検証の試み—博物館における新しい地学教育を目指して展開した展示活動—. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (33): 67-90.
- 広谷浩子, 2005. 来館者の行動観察をもとにした博物館の利用状況の分析. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (34): 55-60.
- 神奈川県立生命の星・地球博物館, 2009. 神奈川県立生命の星・地球博物館年報第 14 号(2008 年度). 109pp.
- 三木美裕, 1999. 体験型の展示手法を導入する意義—個人的体験からの考察—. ミュージアム・データ, (45): 1-6.
- 三木美裕, 2000. チルドレンズ・ミュージアムの歴史. 国立民俗学博物館調査報告, (16): 261-268.
- 大島光春, 2009. 子どものための展示を考える. 自然科学のとびら, 15(3): 23-24.
- 大月ヒロ子, 2008. 子どもにとっての博物館の第一印象……まずはそこから考えてみよう! 博物館研究, 44(1): 14-17.
- 柘植千夏, 1998. 子どもの博物館の機能に関する一考察—メッセージ伝達機能を中心に—. 博物館学雑誌, 23(2): 25-36.

(受付 2009 年 12 月 2 日; 受理 2010 年 1 月 27 日)

編集委員会

編集委員長

斎藤 靖二 (館長; 地学 [地質学])

編集委員

鈴木 信太郎 (副館長)

平田 大二 (学芸部長; 地学 [地質学])

瀬能 宏 (動物学 [魚類分類学・生物地理学])

新井田 秀一 (環境科学 [海洋光学])

編集事務担当

笠間 友博 (地学 [地質学])

Editorial Board

Editor-in-chief

Yasuji Saito

(Executive Director; Geology)

Editors

Shintaro Suzuki

(Deputy Executive Director)

Daiji Hirata

(Director of Curatorial Division; Geology)

Hiroshi Senou

(Zoology)

Shuichi Niida

(Earth Science)

Editorial Secretary

Tomohiro Kasama

(Geology)

神奈川県立博物館研究報告 (自然科学) 39 号

[神奈川県立博物館 (自然) 39 号]

発行者 神奈川県立生命の星・地球博物館

館長 斎藤靖二

発行日 2010 年 3 月 24 日

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

電話 (0465) 21-1515

FAX (0465) 23-8846

e-mail: plan@nh.kanagawa-museum.jp

URL: <http://nh.kanagawa-museum.jp/index.html>

印刷所 フルサワ印刷株式会社

Bulletin of the Kanagawa Prefectural Museum (Natural Science), no. 39

[Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.), no. 39]

Published by Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

Published on 24 Mar. 2010

All correspondences concerning the editorial contents of this bulletin should be addressed to:

Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, JAPAN

Facsimile: +81-(0)465-23-8846

e-mail: plan@nh.kanagawa-museum.jp

URL: <http://nh.kanagawa-museum.jp/index.html>

Printed in Japan

BULLETIN OF
THE KANAGAWA
PREFECTURAL MUSEUM
Natural Science, No.39

Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
Odawara Kanagawa JAPAN
Mar. 2010

