GIS を援用した伊能図の空間分析 —最近 200 年間の国土変化に着目して—

岩井 優 祈* 村山 祐 司** 猪原 紘 太***

Spatial Analysis of Inoh's Map Using GIS with the Focus on National Land Changes over 200 Years in Japan

Yuki Iwai*, Yuji MURAYAMA** and Kota INOHARA***

[Received 8 January, 2019; Accepted 5 February, 2020]

Abstract

Geographical features in the early 19th century and transformation of landforms during the past 200 years in Japan are studied through an overlay analysis of the current GSI map issued by the Geospatial Information Authority of Japan and Inoh's map issued in 1821. Analyzed are: (i) survey activities of Inoh's team and terrain conditions, shapes of lakes and islands, and distribution of place names at the end of the Edo era using 214 sheets of Inoh's large-scale map (1:36,000), and (ii) retreat and advance of coastlines, and route changes of roads and rivers over the 200 years. Land development is investigated through reclamation and landfills from natural and socio-economic aspects by applying GIS datasets to a digitalized version of Inoh's map. The usefulness of geospatial analysis is demonstrated by employing GIS techniques to understand quantitatively changing land conditions in Japan.

Key words : Inoh's map, GIS, Japan, late Edo era, spatial analysis

キーワード : 伊能図, GIS, 日本, 江戸後期, 空間分析

I. はじめに

地理情報システム (GIS) による古地図・絵図・古写真などの史料 (以下, 単に史料と記す) の分析は, 1990 年代後半より活発になった。その背景には, GIS の普及や史料をデジタル化する技術の向上, それに伴う高精細な画像データの拡充などがある (村山, 2015a)。史料分析への GIS の導入は, これまで膨大な労力を必要とした史料

の定量的な分析を効率化しただけでなく, さまざまな地理空間情報を組み合わせることで科学的な応用研究の可能性を切り開いた (平井, 2019)。

GIS を用いた明治期以前の古地図分析では, ある一定の地域のみをターゲットにしたものが多く (たとえば, 布施ほか, 2006; 清水ほか, 2008; Yano *et al.*, 2008; 平井, 2009), 全国スケールを対象とした考究は少ない。江戸幕府や諸藩によって編纂された日本の総図では, 寛永日本図, 享保

* 筑波大学大学院生 (日本学術振興会特別研究員 DC)

** 筑波大学名誉教授

*** 東京カートグラフィック株式会社

* Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, 305-8572, Japan

** Professor Emeritus, University of Tsukuba, Tsukuba, 305-8572, Japan

*** Tokyo Cartographic Corporation, Tokyo, 167-0032, Japan

日本図、日本輿地路程全図などがよく知られているが、これらはいずれも諸国の国絵図をつなぎ合わせて編集されているので（川村，1998），GISを用いた全国を対象にする分析には地図精度の点で問題が生じる。これに対し、伊能図は、全国を同一の方法で測量した科学的実測図であり（星埜，2018），GISとの親和性が高い。全国規模での地域統計データの多くが明治期以降に整備されたことを踏まえると（村山，2009），江戸後期の地理空間情報が網羅された伊能図を分析することは、近代化する以前の日本の地域の特徴を知る手がかりになり、学術的価値が高い。

伊能図は大図（1:36,000）、中図（1:216,000）、小図（1:432,000）からなる。このうち大縮尺の伊能大図からは、大きく分けて4種類の地理空間情報が得られる。すなわち海岸線や街道に代表される線分、寺社・宿駅・山などの位置（点）、測量ルート沿いに絵画的に描かれた塩田や家屋記号などの景観、そして地名表記である。

GISを用いて伊能大図の空間分析を行う、あるいは現在の地図との比較分析を行う場合には、点・線・面で示される伊能大図の地理空間情報をデジタル化し、電子地図上に再現することが求められる。空間分析では、とくに、海岸線や街道を示す測線データの存在が鍵になる。なぜなら、伊能大図はわが国の海岸線および諸地点間の距離の測量を目的として作成されたからである（保柳，1968）。測線以外にも伊能大図には、実測せずに見通しで描かれた海岸線や海上引縄計測が行われた区間など、さまざまな線分が存在する。これらの線分も考慮しながら伊能大図と現在の地図とを重ね合わせれば、伊能隊による測量事業の実態や当時の地理的特徴、さらにはその後の地域変容などが浮かび上がってくるに違いない。

以上を踏まえ、本稿では、伊能大図に記載された地理空間情報、とくに測線に着目し、全国を対象としたGISによる分析を通して、19世紀初頭における国土輪郭の特徴や伊能隊の測量事業の実態を空間的に把握するとともに、当時から現在に至る200年間の国土変化を明らかにする。

II. 伊能大図に描かれた地理空間情報のデジタル化

本研究では、伊能大図をデジタル化した『デジタル伊能図プロフェッショナル版』（以下、単に『デジタル伊能図』と記す）を用いて分析を進める（村山，2015b）。これは、伊能大図に描かれた地理空間情報をGISの技術を用いてデジタル化し、国土地理院が提供する「地理院地図」上に布置・再現した電子地図である¹⁾。海岸線、街道を示す測線や神社仏閣などの測点（位置）がGISで処理可能なシェープファイル形式で格納されているので（座標系は世界測地系の度単位の緯度・経度）、本研究の目的を達成するうえで、『デジタル伊能図』は最適なデータベースであると考えられる。

以下に『デジタル伊能図』の作成手順を示す（東京カートグラフィック・河出書房新社，2015）。測線データの取得およびベクトル化は本稿の執筆者である猪原が行った。使用したGISソフトは「地図太郎（東京カートグラフィック社製）」である。まず、海上保安庁海洋情報部が所蔵する模写図や国土地理院が保有するデジタルデータを中心に、全国（沖縄を除く）を網羅する214枚の伊能大図を取り揃えた²⁾。ついで、「地理院地図」上に「伊能大図」の画像を重ね合わせて測線を取得した。具体的には、GISの透過表示機能を用いて、地理院地図（縮尺1:25,000ズームレベル17）に測線を落とし込み、測線のデジタル化を図った³⁾。その際、各画像図面を拡大・縮小・回転し、特徴的な測線の屈曲部や交差部を基準として位置合わせを行った⁴⁾。

海岸（水際）を示す測線は、（1）現在とほぼ同じ海岸線、（2）埋め立て等で変化した海岸線に分けるとともに、街道より見通しで描かれた海岸線、あるいは海上引縄により見通しで描かれた海岸線については、実測していない海岸線とみなした。街道を示す測線は、（1）現存する街道、（2）現存しない街道、（3）消滅または確定できない街道、に分類した。「現存する街道」とは、伊能大図に描かれた街道が地理院地図上でも確認でき

図 1 伊能大図における実測した海岸線 (a) と実測していない海岸線 (b). 資料：『デジタル伊能図』.

Fig. 1 Surveyed and non-surveyed coastlines of Japan in Inoh's Large-scale Map. Source: *Digital Inoh's Map*.

る街道、「現存しない街道」および「消滅または確定できない街道」とは、地理院地図上で確認できない街道を指す。なお、当時の街道が現存する場合には、地理院地図の道路の中心線に測線を落とし込んでいる。

III. 伊能忠敬の測量実態に関する GIS 分析

1) 海岸線の計測

図 1 は、海岸線の実測の有無を色分けしたものである⁵⁾。「実測した区間」とは、伊能隊が陸上から実測した海岸線（測線）を指す。「実測していない区間」とは、前述したように見通しで描かれた海岸線である（図 2）。

分析の結果、伊能隊が実測した区間は当時の日本の海岸線総延長のうち 75% 程度であることが判明した⁶⁾。実測割合を地方別にみると、もっとも高いのは中国地方であり、全体の 92.9% に達する。実測していない区間は、太平洋側、とくに岩手県や宮城県、和歌山県、高知県などで多くみられる。日本海側では、石川県や京都府などで実測していない区間が点在する⁷⁾。海岸地形が複雑な地域では、海岸線に沿う街道があればその街道

を実測し、海岸線自体は見通しで描かれる傾向がみられる。

2) 海上引縄による計測

海上引縄計測とは海上に船を出し、船同士で縄を渡して測る方法である（伊能忠敬研究会、2018）。『測量日記』によれば、享和元年 8 月 21 日に、塩釜で初の海上引縄計測が行われた（伊能忠敬研究会、2018）。海上引縄計測は、三陸海岸や若狭湾、志摩半島の南部などで多い。入り組んだ海岸、リアス式海岸や切り立った絶壁の海岸など、実測が困難な場所で実施されている。しかし、海上引縄計測は測量次が下るにつれ減少する傾向がみられる。これには測量技術の進歩や測量人員・資金の拡充などが影響していると考えられる。

海岸線総距離に対する海上引縄実施区間の割合がもっとも高いのは、地方別でみると東北で 4.8% に達する⁸⁾。東北以外は海上引縄計測を実施した海岸線は少ない。中部（0.9%）、近畿（0.9%）、関東（0.6%）といずれの地方でもその割合は総じて低い。

3) 測量ルートの 3 次元表示と空間分析

地図史料の分析に GIS を導入する利点として、

図 2 伊能大図に描かれた線分の種別表示. 資料:『デジタル伊能図』および国土地理院の Web サイト「古地図コレクション (48 陸奥 十三濱 金花山)」に基づき筆者作成. この大図は,「大日本沿海輿地全図 (伊能家伝存の控図)」の模写図 (アメリカ議会図書館所蔵) に手彩色処理を施して復元 (伊能洋監修) したものを国土地理院が公開.

Fig. 2 Types of survey line on Inoh's Large-scale Map. Source: *Digital Inoh's Map* and Historical Map Collections issued by Geospatial Information Authority of Japan. This is the hand-coloring map based on the reproduction map owned by the U.S. Library of Congress.

平面に縛られず地理空間情報を可視化し, 全体を立体的に俯瞰できることがあげられる。ここでは, 伊能大図の海岸線・街道データとデジタル標高モデル (DEM) 1 km メッシュを組み合わせ、測量ルートと標高や起伏との関係を考察する (図 3, 南方向から伏度 45°)。

北海道や東北地方を中心に調査した第 1 次・2 次測量では, 内陸の測量ルートには起伏が緩やかな街道が選択されていた。ちなみに第 1 次測量の最高地点は 473.5 m の十三本木峠付近, 第 2 次測量の最高地点は 869.9 m の箱根峠付近であった。日本海側を調査した第 3 次測量や西日本を調査した第 4 次測量では, 起伏に富んだ内陸の街道も測量の対象になり, さらに測量次を重ねる

につれ, 標高が高く起伏も激しい内陸ルートの踏査が増えていった。

IV. 最近 200 年間における国土の形状変化

1) 街道の消滅や経路の変化

伊能大図の全街道 (測線データ) を地理院地図にオーバレイさせたところ, 総距離の 75.3% は現在も道路として機能していることが判明した。したがって, それ以外の約 4 分の 1 の街道は, 200 年間に消滅したか経路が変更されていることが明らかになった。消滅した街道は, 河川沿いや河口付近で多い。とくに揖斐川や木曾川, 淀川といった主要な河川沿いでは, 河川改修に伴って街道が消滅している。経路を変えた街道は, 都市部

図 3 伊能大図に描かれた海岸線と街道の3D表示. 垂直方向は標高を表す. 測量年月日は保柳 (1974) による. 凡例の数値は測量ルートの平均標高を示す.

Fig. 3 3D display of survey lines. Vertical direction shows elevation. The survey date is after Hoyanagi (1974). Numerical values in the legend are average elevations.

とくに大都市の中心部で多くみられる。

2) 海岸線の変化

伊能大図の海岸線と現在の海岸線を重ね合わせて、200年間ににおける海岸線の移動（前進・後退）や形状の変化を追尾する。本分析の手順は以下の通りである。まず、『デジタル伊能図』の海岸線データと現在の海岸線データ（基盤地図情報）をGISで合わせ、陸地部分をポリゴン化する⁹⁾。次に、ポリゴン化したそれぞれのデータに対し、重複部分を削除することで、『デジタル伊能図』の海岸線データと比較して前進および後退した面積のポリゴンを導出する。ついで、それぞれのポリゴンを平面直角座標系へ投影変換し、増

減した面積を算出する。最後に、前進した部分の面積から後退した部分の面積を減算することで、ポリゴン（土地面積）の増減分を導き出す。

上記の作業に基づき、土地面積の変化を算出したのが表1である。すなわち、表1は海岸線を有する38の都道府県を対象に、海岸域において200年間に増えた土地面積（ km^2 ）、およびその割合（日本全体で増加した土地面積に対する比率）を示している。割合がマイナス、すなわち面積が減少した都道府県は存在しない。面積の増加がとくに顕著なのは、工業地帯が広がる太平洋ベルト沿いである。九州では面積の大幅な拡大がみられるが、これは北九州工業地域の発展に加え

表 1 最近 200 年間における土地面積の変化（都道府県別，内陸の 9 県は除く）。

Table 1 Changes in the coastal land areas over the 200 years by prefectures.

	増加面積 (km ²)	割合 (%)		増加面積 (km ²)	割合 (%)
北海道	59.8	2.7	大 阪	95.7	4.3
青 森	18.3	0.8	兵 庫	97.8	4.4
岩 手	11.2	0.5	和歌山	20.6	0.9
宮 城	18.3	0.8	鳥 取	15.7	0.7
秋 田	11.2	0.5	島 根	37.0	1.7
山 形	3.4	0.2	岡 山	181.6	8.2
福 島	8.9	0.4	広 島	108.7	4.9
茨 城	15.7	0.7	山 口	112.1	5.1
千 葉	145.3	6.6	徳 島	14.4	0.6
東 京	79.3	3.6	香 川	47.6	2.2
神奈川	81.7	3.7	愛 媛	49.1	2.2
新 潟	16.6	0.8	高 知	13.6	0.6
富 山	4.4	0.2	福 岡	140.0	6.3
石 川	16.6	0.8	佐 賀	72.8	3.3
福 井	13.0	0.6	長 崎	108.7	4.9
静 岡	33.3	1.5	熊 本	176.4	8.0
愛 知	179.9	8.1	大 分	69.9	3.2
三 重	33.0	1.5	宮 崎	18.3	0.8
京 都	18.5	0.8	鹿児島	62.2	2.8

割合：日本全体で増加した土地面積に対する比率。

資料：『デジタル伊能図』，基盤地図情報。

Source: *Digital Inoh's Map* and Fundamental Geospatial Data issued by Geospatial Information Authority of Japan.

て，熊本県や長崎県などにおける大規模な干拓事業が影響していると考えられる。全国的にみて面積があまり増えていないのは，日本海側や太平洋岸沿いの諸県である。これらの地域では入り組んだ地形が展開し，造成可能なスペースが乏しいという共通性がみられる。とくに日本海側では交通アクセスが劣り，現在でも経済活動は相対的にみて不活発である。

次に，伊能大図では海であった場所が，その後の埋め立て・干拓によって，現在ではどんな土地利用に変化したかをみてみよう。分析には，国土数値情報の都市地域土地利用細分 100 m メッシュ（2014 年）を用いた（土地利用区分は 17 種目）¹⁰⁾。最近 200 年間に造成された土地のなかで，

面積が最大の種目は空地であり，全体の 18.4% に及ぶ。ついで工場の 16.5%，低層建物の 15.1%，そして田の 12.4% と続く。

図 4 は，主要な六つの圏域における現在の埋立地・干拓地の土地利用（2014 年）を地図化したものである。いずれの圏域でも，中心部付近では集約的な土地利用が卓越するが，周辺部に向かうにつれ粗放的な土地利用へと推移していることがみてとれる。とくに 3 大都市圏と岡山圏域の水島コンビナート周辺，北九州・福岡圏域の周辺では，工場の分布が卓越する。その一方，熊本県域と岡山平野では，田が広範囲に分布する。

V. GIS 利用の意義と課題

個別の分析事例を通して，伊能大図の空間分析に GIS がいかに役立つかを考察するとともに，地域変化分析に対する GIS の利用はどんな問題点や課題があるのかを探る。

街道の測線データに属性（管理主体や機能など）をもたせることで，街道網の連結性や近接性をはじめさまざまなネットワーク分析が可能になる（田中，2012）。時間軸を導入すれば，街道の消滅や経路変更の実態把握にとどまらず，それらを引き起こした要因の探究も深まるに違いない。火山噴火や山体崩壊による街道の消滅，ダム湖の出現による街道の水没，都市化に伴う経路変更，都市計画・交通政策による街道の付け替え，過疎化による街道の消滅など，さまざまなプロセス研究に応用できる。

図 5a は，ダム湖の出現により街道が水没した事例（天若湖）である。図 5b は，中海の造成に伴う形状変化の事例である。GIS を用いた空間分析により島を含む周囲長は 1810 年代と比べて 1.53 倍に増える一方，湖の面積は 19.7%（22.0 km²）も減少していることがわかる。図 5c, d は，神崎川の河川改修による街道消滅を図示したものである。

日本全土の海岸線を対象にして，その形状変化を分析した研究は数少ない（Koike, 1977; 田中ほか，1993; 壺岐ほか，2017）。そのなかで，地形図を駆使して現在から 1887 年まで遡って海岸線の

図 4 主要圏における埋立地・干拓地の現在の土地利用（2014 年）。資料：『デジタル伊能図』，国土数値情報。ESRI 社の衛星画像を使用。

Fig. 4 Present land use of reclaimed land in major regions after the 1820s. Source: *Digital Inoh's Map* and National Land Numerical Information. Satellite images are provided by ESRI, Inc.

変化を解明した田中ほか（1993）の研究は貴重であるが，伊能大図の海岸線データを用いれば，さらに 70 年前の 1810 年代まで遡れる。わが国の近代化が 1870 年代の殖産興業政策を契機とすることを踏まえると，近代化以前と現在の国土構造を比較できるという点で大きな意義がある（表 1）。

一方，測線主体の分析ではなく，当時の景観や産業，神社仏閣の分布，集落の立地などに注目し，社会経済的变化から国土形成を解明する研究方向も考えられる。しかし，伊能大図では塩田や集落は絵画的に描かれ，場所や範囲は不確かな情報が多く，定量的な成果を得ることは難しい。このなかにあって，GIS の利用が有効性を発揮するのは，海岸域における埋め立てや干拓による地形改変の究明であろう（表 1，図 4）。埋立地・

干拓地における環境問題や災害リスク（熊木ほか，2013）を通時的にかつ地域間で比較する際には貴重な基礎資料になると考えられる。

最後に，伊能大図に記された貴重な地理空間情報でありながら，本稿で探究できなかった地名データの空間分析について言及しておきたい。『デジタル伊能図』では，14 種目別に 38,589 の地名が収録されている（表 2）¹¹⁾。

地名を対象にした GIS による空間分析では，（1）伊能による地名の採択基準が不明瞭であること，（2）地名を伊能大図に書き込む際の基準が明確でないこと，（3）模写図のバージョンによって地名表記の方法や量が異なること（鶴見，1998）などの問題が生じ，全国スケールでの分析を困難にしている。たとえば加賀藩では，金澤から宮腰にかけて村名が書かれていない。伊能隊に対する

(a) 天若湖 (日吉ダム, 京都府)

(b) 中海 (島根県)

(c) 神崎川 (大阪府)

※地理院地図との重ね合わせ

(d) 神崎川 (大阪府)

※伊能大図 (135 大坂 尼崎) との重ね合わせ

図 5 最近 200 年間における街道・湖岸の変化。資料：『デジタル伊能図』、地理院地図。図 5d の大図は、「大日本沿海輿地全図 (伊能家伝存の控図)」の模写図 (アメリカ議会図書館所蔵)。

Fig. 5 Changes in the road and lake over 200 years. Source: *Digital Inoh's Map* and GSI Map issued by Geospatial Information Authority of Japan. Fig. 5d is the reproduction map of the original (U.S. Library of Congress holdings).

加賀藩の対応が冷淡であったことはよく知られている (伊能忠敬研究会, 2018)。このように当時の社会政治的文脈が伊能図の地名表記に少なからず影響を与えている。また、地名には表記の不均一性が存在する点にも留意しなければならない。たとえば村名について、海岸の村では「浦」と表記される場合がみられ、表記のばらつきの精査が必要である (伊能忠敬研究会, 2018)。したがって、地名の空間分析では、厳格な前提条件を設定

し、図面間で齟齬が生じないように工夫が求められる。

地名の布置基準が不明確な場合、地名分布を可視化する方法の一つとして空間的平滑化が考えられる。カーネル密度推定法、空間的自己相関分析、ホットスポット分析などを適用すれば、おおまかな地名の分布傾向が把握できる (Armstrong *et al.*, 1999)。ここでは、江戸時代後期の主要街道を事例として、街道沿いに付せられた地名「町

表 2 伊能大図に記された地名の数.

Table 2 Number of place names on Inoh's large-scale map.

地名	個数
町村	23,722
国	288
郡	981
島	3,872
山	2,661
河川・湖沼	1,393
海岸	1,688
寺社	1,078
名所旧跡	89
橋	15
温泉	39
天測点	1,144
宿駅	1,342
湊	277
合計	38,589

資料：『デジタル伊能図』（地名索引は星埜由尚氏作成）.
Source: *Digital Inoh's Map* (The database was made by Yoshihisa Hoshino).

村」に着目し、地名分布における空間的平滑化の有効性について説示する。図 6 は、『デジタル伊能図』に収録される地名データベースをもとに、3つの街道、すなわち東海道（第5次測量）、甲州街道（第7次測量）および中山道（第7次測量）の沿線における地名「町村」の密度分布をカーネル密度推定法によって可視化したものである。具体的には、各街道の中心線から1 kmのバッファを生成し、その領域に含まれる地名「町村」を抽出した¹²⁾。

地名が密に分布する地域では、人口が多く経済活動も活発であると推定できる。東海道では、現在の愛知県名古屋市西部や東近江市周辺部、また静岡県菊川市から浜松市にかけて、地名「町村」の分布密度が高いことがわかる。内陸部を通る甲州街道では、甲府市や上野原市において比較的密度が高い。中山道では、滋賀県栗東市東部や岐阜県大垣市、諏訪湖周辺において高い密度が確認できた。分析結果から、地名の分布には街道に沿っ

図 6 各街道沿いにおける地名「町村」の分布密度. 各街道のうち、第5次測量および第7次測量の実施区間を対象とした. 資料：『デジタル伊能図』.

Fig. 6 Density of place names along the Tokaido road, Koshukaido road, and Nakasendo road. Source: *Digital Inoh's Map*.

て高い密度と低い密度が交互に出現することや、大河川沿いの地域では地名の分布密度が高くなることが明らかになった。

VI. おわりに

本稿では、伊能大図の空間分析に対する GIS の有用性や意義を説示するとともに、測線データを地理院地図に紐付けた『デジタル伊能図』を用いて、伊能隊が行った全国測量の実態を探った。さらに、GIS を援用して、江戸後期から現在までの国土の形状変化を定量的に分析した。

国土構造の変化や変容プロセスを解明するには、全国スケールでのマクロな考究だけでなく、現地調査を加えながら小地域の分析を積み重ねることも必要である。GIS を援用した伊能大図の空間分析では、伊能大図それ自体の精度や投影法などを究明する方向も考えられる。地理情報科学を駆使し、精緻な時空間分析によってこれら残された課題に取り組んでいくことが求められる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたって、『デジタル伊能図』(Copyright 2015 東京カートグラフィック・河出書房新社・星埜由尚・INOPIA ほか)を使用しました。地名索引や測量日記の現代語訳などについては、伊能忠敬研究会の皆様にお世話になりました。拙稿を担当くださったお二人の査読者、そして編集委員会からは、貴重なコメントと建設的なご提案をいただきました。ここに記して、感謝申し上げます。なお、本研究には、日本学術振興会・科学研究費 16H01830 を用いました。

注

- 1) この電子地図は、東京カートグラフィック(株)により制作された。
- 2) 『デジタル伊能図』の構築に使用された模写図は、その所蔵元によってバージョンが異なる。伊能大図 214 枚の所在は以下の通りである(東京カートグラフィック・河出書房新社, 2015)。通し番号 1～11, 13～33, 36～106, 108～132, 134～156, 158～163, 165～214 (アメリカ議会図書館所蔵の模写図を国土地理院がデジタルデータとして所有)。通し番号 12, 133, 157, 164 (海上保安庁海洋情報部所蔵)。通し番号 34, 35 (国立歴史民俗博物館所蔵)。通し番号 107 (国立国会図書館所蔵)。なお、通し番号は保柳(1974, p. 328-331)に基づく。
- 3) 伊能大図の測量は導線法・交会法によってなされた。

そのため測線は折れ線で描かれている。一方『デジタル伊能図』では、伊能大図の測線と地理院地図上の旧街道・海岸線・水路・植生界等を見比べながら、両者がほぼ一致すると判断された場合に、地理院地図上のそれらを伊能大図の測線とみなし、その形状に合わせて測線のデジタル化が図られている。そのため、測線の形状は折れ線ではなく丸めて表示される(東京カートグラフィック・河出書房新社, 2015)。

- 4) 各画像図面を GIS 上の地図画面(地理院地図)に同じ位置で重ね合わせて表示(ジオリファレンス)したもので、コントロールポイント(GCP)を用いた幾何補正とは異なる。
- 5) 実測の判定基準について、『デジタル伊能図』では参照元の伊能大図の線分が朱色の場合を「実測した区間」、黒色の場合を「実測していない区間」とされている。
- 6) 海岸線や街道の距離を計測する際には総描の問題が生じる。本研究の場合、伊能大図の測線は地理院地図(縮尺 1:25,000 ズームレベル 17)に落とし込んで、ベクトル化を図っている。したがって、距離については、この測線データをもとに計測されていることに注意されたい。
- 7) 図 1 では、山陰側に実測せず見通しで描かれた海岸線(青線)が目立つ。これらは島嶼部に多い。青線は多数存在するが、区間自体は短い。
- 8) ただし、海上以外で行われた河川引縄計測などについては本分析の対象外とした。
- 9) 基盤地図情報のダウンロード日: 2018 年 5 月 1 日。
- 10) 土地利用細分メッシュの最新のデータ整備年は 2014 年である(ダウンロード日: 2018 年 10 月 11 日)。
- 11) 伊能大図に記された地名は星埜由尚氏によってデータベース化が図られた。星埜氏は、副本や模写本を駆使しながら伊能大図の地名を読み取り、地名索引を作成した(渡辺, 2006)。
- 12) 『デジタル伊能図』では、「町村」は、伊能大図と同じ町村名(市町村名)を地理院地図から取得し、代表点(ポイント)として布置される。地理院地図に町村名が存在しない場合には、伊能大図の地名の近くに点として布置される。地名は、既存の絵図や地方三役からの聞き取りによって取得されていると思われる。ただし、伊能隊は同一基準で街道全体を実測しているため、少なくとも測量次が同じであれば当該街道に沿って地名も同一の基準で記載されていると考えられる。

文 献

- Armstrong, M.P., Rushton, G. and Zimmerman, D.L. (1999): Geographically masking health data to preserve confidentiality. *Statistics in Medicine*, **18**, 497-525.
- 布施孝志・安井 仁・清水英範 (2006): 江戸市中からの遠地形の視認可能性: GIS による可視マップ作成を中心として. 土木学会論文集 D, **62**, 496-504.
- [Fuse, T., Yasui, H. and Shimizu, E. (2006): Visibility analysis of distance view in Edo city: Visibility map production using GIS. *Doboku Gakkai Ronbun-*

- shuu D, **62**, 496-504. (in Japanese with English abstract)]
- 平井松午 (2009): 城下絵図の GIS 分析. 情報処理学会研究報告, **10**, 1-8. [Hirai, S. (2009): GIS analysis of the old maps of castle town. *Information Processing Society Research Report*, **10**, 1-8. (in Japanese)]
- 平井松午編 (2019): 近世城下絵図の景観分析・GIS 分析. 古今書院. [Hirai, S. ed. (2019): *An Analysis of the Maps of Early Modern Japanese Castle Towns*. Kokon Shoin. (in Japanese)]
- 星埜由尚 (2018): 伊能測量とその評価—伊能測量の前に行われた国土測量と比較する—. 地図, **56**, 1-8. [Hoshino, Y. (2018): The Inoh's survey and its evaluation—Comparison with the country scale surveys around the Inoh's survey—. *Map, Journal of the Japan Cartographers Association*, **56**, 1-8. (in Japanese with English abstract)]
- 保柳睦美 (1968): 伊能図の意義と特色—伊能忠敬 150 年祭記念講演 (1968 年 5 月 25 日東京地学協会総会講演)—. 地学雑誌, **77**, 193-222. [Hoyanagi, M. (1968): Significance and essential features of Ino's Map in the history of Japanese science and cartography—Tadataka Ino's memorial lecture, in commemoration of the 150th year since his death, in the general meeting of the Tokyo Geographical Society on May 25, 1968—. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **77**, 193-222. (in Japanese with English abstract)]
- 保柳睦美編 (1974): 伊能忠敬の科学的業績: 日本地図作製の近代化への道. 古今書院. [Hoyanagi, M. ed. (1974): *A New Appreciation of the Scientific Achievement of Ino-Tadataka Who Established a Landmark in the History of Land-Survey and Cartography of Japan*. Kokon Shoin. (in Japanese)]
- 壺岐信二・廣澤 一・赤羽俊亮・磯田真紀・村田眞司・松永義徳・塚本吉雄 (2017): わが国の海岸における汀線及び背後地の変化とその要因. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), **73**, I_492-I_497. [Iki, S., Hiro-sawa, H., Akaba, S., Isoda, M., Murata, M., Matsunaga, Y. and Tsukamoto, Y. (2017): Factors and changes of shoreline and land cover in Japan's coast. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)*, **73**, I_492-I_497. (in Japanese with English abstract)]
- 伊能忠敬研究会編 (2018): 伊能忠敬日本列島を測る—忠敬没後 200 年— (前編). [Inoh Tadataka Society ed. (2018): *Inoh Tadataka Surveys the Japanese Archipelago: The 200 Years after the Death of Inoh Tadataka (Part 1) (Ino Tadataka Niho Retto Wo Hakaru Tadataka Botsugo 200 Nen, Zenpen)*. (in Japanese)*]
- 川村博忠 (1998): 国絵図と伊能図の測量術比較. 東京地学協会編: 伊能図に学ぶ. 朝倉書店, 118-134. [Kawamura, H. (1998): Comparison of surveying technique between Kuniezu and Inoh's map. in *A Recent Knowledge of Ino-Tadataka's Map (Inozu Ni Manabu)* edited by Tokyo Geographical Society, Asakura Shoten, 118-134. (in Japanese)*]
- Koike, K. (1977): The recent change of sandy shorelines in Japan. *Komazawa Geography*, **13**, 1-16.
- 熊木洋太・小荒井 衛・中埜貴元 (2013): 東京とその周辺の地形改変. 地学雑誌, **122**, 992-1009. [Kumaki, Y., Koarai, M. and Nakano, T. (2013): Land transformation in Tokyo and its surrounding regions. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 992-1009. (in Japanese with English abstract)]
- 村山祐司 (2009): 近代における地域情報データベースの整備. Sinfonica 研究叢書「人口・居住と自然—GIS による分析—」, 統計情報研究開発センター, 57-72. [Murayama, Y. (2009): Collection of the regional information database in the modern age. in *Sinfonica Study Book "Population, Housing and Nature: Analysis by GIS"* (Sinfonica Kenkyu Sosho Jinko Kyoju To Shizen GIS Ni Your Bunseki), Statistical Information Institute for Consulting and Analysis, 57-72. (in Japanese)*]
- 村山祐司 (2015a): 地理情報システムと地理情報科学の歴史. 浅見泰司・矢野桂司・貞広幸雄・湯田ミノリ編: 地理情報科学—GIS スタンダード—. 古今書院, 8-15. [Murayama, Y. (2015a): The history of geographic information systems and geographic information science. in *Geographic Information Science: GIS Standards (Chiri Joho Kagaku GIS Sutandado)* edited by Asami, Y., Yano, K., Sadahiro, Y. and Yuda, M., Kokon Shoin, 8-15. (in Japanese)*]
- 村山祐司監修 (2015b): デジタル伊能図プロフェッショナル版. 河出書房新社. [Murayama, Y. supervised (2015b): *Digital Inoh's Map, Professional Edition (Dejitaru Inozu Purofessionaru Ban)*. Kawade Shobo Shinsha. (in Japanese)*]
- 清水英範・布施孝志・中田真人 (2008): 江戸の都市景観の再現に関する研究. 土木学会論文集 D, **64**, 473-492. [Shimizu, E., Fuse, T. and Nakata, M. (2008): Landscape visualization of Edo city. *Doboku Gakkai Ronbunshuu D*, **64**, 473-492. (in Japanese with English abstract)]
- 田中耕市 (2012): 城下町起源都市における道路網の変化と城下町街路の残存度: 四国 8 都市を事例として. 地理情報システム学会講演論文集, **21**, F-1-1. [Tanaka, K. (2012): A change of road network and continuance of old streets in a city originated in castle town: a case study of eight cities in Shikoku district. *Papers and Proceedings of the Geographic Information Systems Association*, **21**, F-1-1. (in Japanese)]
- 田中茂信・小荒井 衛・深沢 満 (1993): 地形図の比較による全国の海岸線変化. 海岸工学論文集, **40**, 416-420. [Tanaka, S., Koarai, M. and Fukazawa, M. (1993): National shoreline evolution by comparison of topographic maps. *Proceedings of Coastal Engineering, JSCE*, **40**, 416-420. (in Japanese)*]
- 東京カートグラフィック・河出書房新社 (2015): デジタル伊能図ユーザーズ・ガイド ver 1.0. 河出書房新社. [Tokyo Cartographic and Kawade Shobo Shin-

- sha (2015): *User's Guide of the Digital Inoh's Map Ver 1.0 (Dejitaru Inozu Yuzazu Gaido Ver 1.0)*. Kawade Shobo Shinsha. (in Japanese)*]
- 鶴見英策 (1998): 伊能図の読み方. 東京地学協会編: 伊能図に学ぶ. 朝倉書店, 79-107. [Tsurumi, E. (1998): How to read Inoh's maps. in *A Recent Knowledge of Ino-Tadataka's Map (Inozu Ni Manabu)* edited by Tokyo Geographical Society, Asakura Shoten, 79-107. (in Japanese)*]
- 渡辺一郎監修 (2006): 伊能大図総覧. 河出書房新社. [Watanabe, I. supervised (2006): *A Comprehensive List of the Inoh Daizu (Ino Daizu Soran)*. Kawade Shobo Shinsha. (in Japanese)*]
- Yano, K., Nakaya, T., Isoda, I., Takase, I., Kawasumi, T., Matsuoka, K., Seto, T., Kawahara, D., Tsukamoto, A., Inoue, M. and Kirimura, T. (2008): Virtual Kyoto: 4D GIS comprising spatial and temporal dimensions. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **117**, 464-478.
- * Title etc. translated by Y.I. & Y.M.