

伊能図に描かれた非実測海岸線の地理的特徴

岩井優祈*・村山祐司**

Geographical Characteristics of the Non-Surveyed Coastlines on the Inoh's Map

Yuki IWAI*, Yuji MURAYAMA**

Abstract: The Inoh's map is known as the first scientific map in Japan to survey the coastline of the whole country by the same systematic method. However, only 75% of the coastlines were measured by actual survey, and the remaining 25% were drawn by the estimation. In this study, focusing on these non-surveyed coastlines, an attempt is made to investigate the geographical distribution, the gaps with the actual coastlines and the causes of differences. We used the Digital Inoh's Map Professional Edition with the geometrically corrected map and the vector data of coastlines in the GSI map. The result of the analysis shows that 38.6% of the non-surveyed coastlines were *cliffs*, 25.7% were *rocky beaches*, and 6.2% were *wetlands* (including rice fields and tidal flats). Furthermore, there was a significant difference between *bays* and *capes* in the accuracy of the distortion. Monotonous linear sandy beaches were accurately surveyed.

Keywords: 伊能図 (Inoh's map), 海岸線 (coastline), 地形 (topography), 日本 (Japan)

1. 序論

古地図は作成当時の景観を復元し地理的状況を解明するうえで極めて有用な史料である。地図作成に関するわが国最古の記録は、大化二年（646 年）班田収授の実行に関する書物のなかに確認できる（織田, 1974）。また、同時期には行基（668 年～749 年）が中心になって、国土全体（北海道を除く）を描いた日本図が作成されていた（織田, 1974）。行基図はその後、江戸時代まで全国を示す地図として広く活用された。

行基図に始まる日本図の作成は、江戸時代に発展期を迎える。幕府によって各藩から徴収した国絵図が編集され、日本総図が次々に作成された（川村, 1984）。江戸後期の 1821 年には、大日本沿海輿地全図（通称「伊能図」）と呼ばれる日本図が伊能忠敬の手により完成した。従来の日本図ならびに日本総図は、測量基準が各地で異なる地図をつなぎ合わせて編纂されていた。それに対して、伊能図は、全国の

海岸線を同一の方法（導線法）で体系的に測量した精度の高い地図であった。そのため、伊能図はわが国初の科学的実測図と知られている（星埜, 2018）。しかし、伊能が実測した海岸線は全体の 75% にとどまり、残りの約 25% は見通し（海上引縄を含む）で描かれている（岩井ほか, 2020）（図 1）。急峻な地形が続くリアス式海岸や磯浜・低湿地が広がる海岸地域を実測するのは、当時の測量技術では困難であったに違いない。近世における最高水準の測量技術を駆使した伊能図を対象に、ミクロレベルで実測海岸線の精度や非実測海岸線の特徴を詳らかにすることは、わが国における近代測量の発展をとらえるうえで重要な意味を持つ。

以上を背景に、本研究では、伊能図において海岸線が実測せずに見通しで描かれた理由を探るとともに、その地理的特徴（地形、土地利用状況）を明らかにすることを目的とする。また、伊能図の見通し海岸線（非実測）と実際の海岸線とのズレについて

* 学生会員 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球環境科学専攻・日本学術振興会特別研究員 (JSPS Research Fellow, Univ. of Tsukuba)

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 E-mail : ywiai@geoenv.tsukuba.ac.jp

** 正会員 筑波大学名誉教授 (Professor Emeritus, Univ. of Tsukuba)

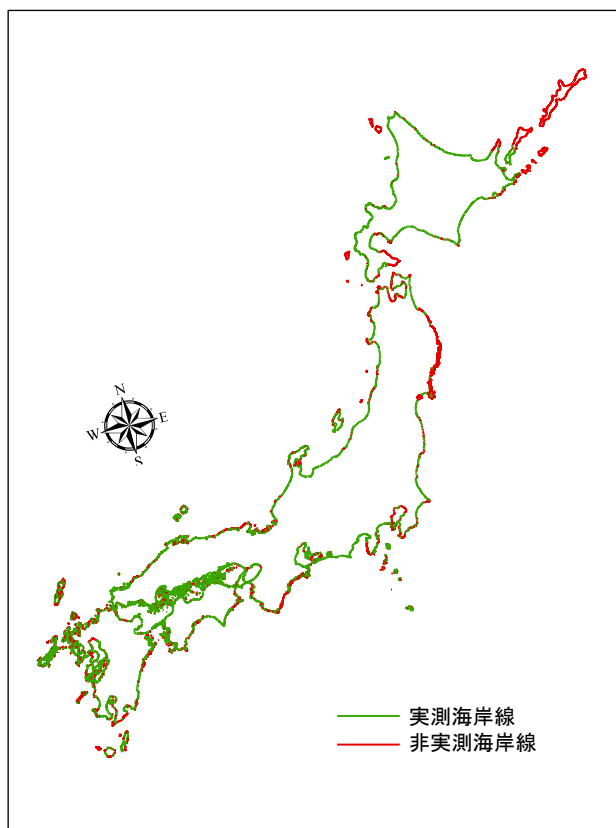


図 1 伊能図における実測海岸線と非実測海岸線

注：非実測海岸線は地理院地図の現在の海岸線で代用。
 (『デジタル伊能図』より作成)

も検討することで、科学的実測図としての伊能図を海岸線の精度（不整合性）検証という観点から再評価を試みたい。

2. 研究方法

伊能図にズレが生じるのは、開放トラバース測量に基づく導線法の累積誤差が主な原因とされている（星埜，2020）。通説では、顕著な山島などに対する方位を測定する前方交会法と、緯度の天文観測によって、伊能はその誤差の補正を試みたとされる（野上，2019）。しかし、当時の測量技術の限界により正確に補正できなかったと考えられる。

伊能図の誤差研究については、(1)測量実態に焦点を当てる視点、(2)その成果である地図に焦点を当てる視点、とに大別できる。(1)については、測量年次による影響が指摘されている。伊能の測量は 1800 年から 1816 年にかけて、計 10 次に達する（図 2）。1800 年から始まる第 1 次では北海道が測量された。

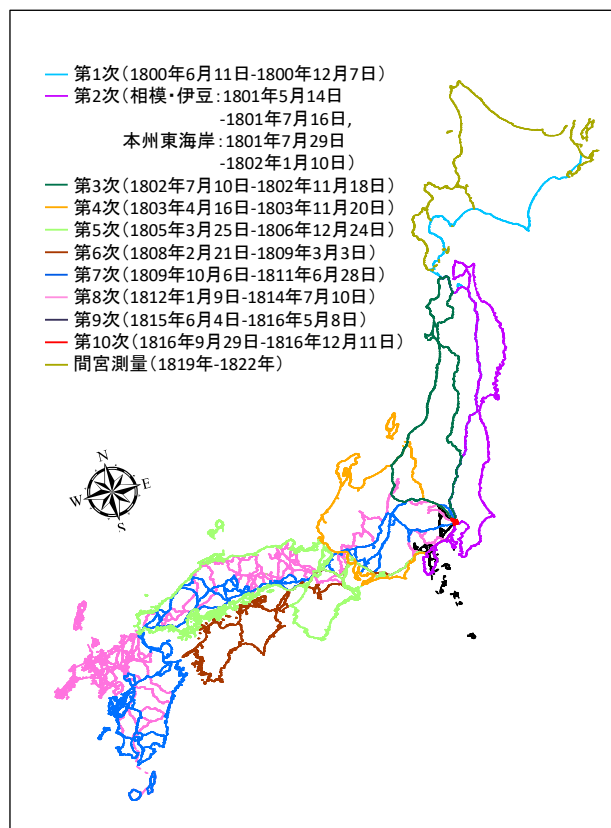


図 2 伊能図に描かれた海岸線と街道

注：測量年月日は保柳（1974）による。
 (『デジタル伊能図』より作成)

西日本の測量は 1805 年から始まり、とくに近畿・中国地方を測量した第 5 次測量からは幕府直轄の事業に格上げされ、人員や器具の充実化が図られた。これが影響してか、実測の精度は東日本より西日本の方が高いといわれている（保柳，1974）。

野上（2019）は、導線位置の補正について、①誤差補正を目的とした岬周りの導線位置を補正する横切導線測量は体系的に行われていない、②山島方位測定点付近で導線の位置が補正された例がないことから、後方交会法は使われていない、③天文観測の精度は良好である、ことを報告している。

伊能図上で確認できるズレとしては、まず経度に起因する不整合が挙げられる。これは当時時刻を正確に把握するクロノメーターが存在しなかったことが大きい（野上，2019）。

(2)の地図については、地表が球面であることを考慮せず、平面として測量をしているため、地図への展開時に適切な投影がなされなかった点が指摘され

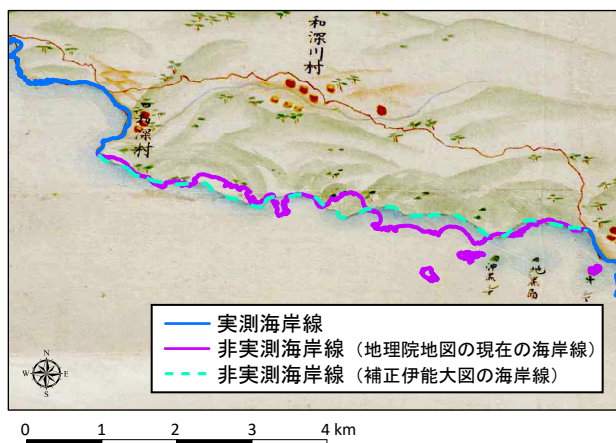


図 3 『デジタル伊能図』における海岸線の区分例

注：朱色は街道の測線を示す。

(『デジタル伊能図』より作成)

ている(保柳, 1974)。さらに、磁気偏角が無視されたためズレが生じていることも報告されている(金澤, 2000)。測地系的見地に立てば、地球を楕円体ではなく球体とみなしていることも、誤差を広げる原因になっている。

こうした測量実態や地図描画法に着目した研究のほか、近年は GIS を援用した古地図の精度に関する研究も盛んになっている。たとえば、古地図の幾何補正によって導出される残差にもとづきズレを検討する研究などが進展をみせている(平井, 2019)。

以上の状況を踏まえ、本研究では、従来の方法とは異なるアプローチで伊能図のズレを検証する。すなわち、伊能図に記された特徴的な地物を現在地図上の対応地点に重ね合わせるよう幾何補正し、その上で空間分析を進める。この方法の利点は、従来の研究で指摘されてきた測量法や地図描画法に基づく誤差の論議を回避できるとともに、200 年間に变化していないと思われる海岸線と伊能図の非実測海岸線とのズレの程度を定量的に把握可能なことである。さらに、非実測海岸線がどんな海岸地形に偏在しているのかも究明できる。

本分析を遂行するにあたり、『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)を用いる(村山, 2015)。これは、地理院地図(縮尺 1:25,000 ズームレベル 17)に伊能図(縮

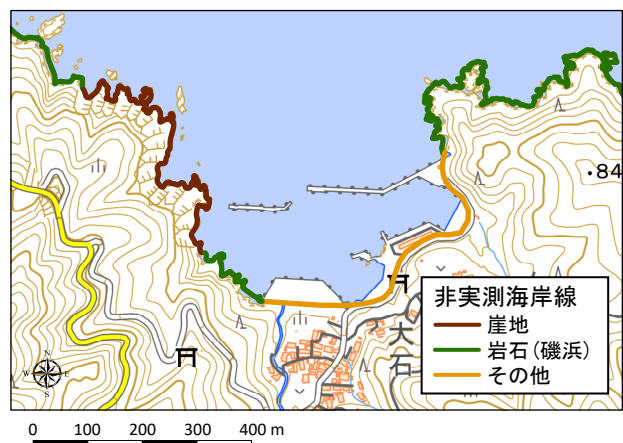


図 4 非実測海岸線における地形分類の例

注：非実測海岸線は地理院地図の現在の海岸線で代用。ただし、埋め立て等で変化した区間については、幾何補正した伊能大図をもとに線分が写し取られている。

(『デジタル伊能図』および地理院地図より作成)

尺 1:36,000 の大図)の測線を落とし込んだデジタル地図である。海岸線は、①現在とほぼ同じ実測海岸線(地理院地図の現在の海岸線)、②見通し(海上引縄測量含む)で描かれた非実測海岸線(地理院地図の現在の海岸線で代用)に区分され、ベクタデータとして整備されている(図 3 青色および紫色)。

さらに『デジタル伊能図』には、幾何補正した伊能大図(以下、補正伊能大図と記す)がラスターデータとして収録されている。当時伊能が歩行した街道・海岸の湾曲部や分岐点、神社・仏閣などを現在の地図上で照合させ、そこにコントロールポイントを合わせることで、幾何補正(三角分割)が施されている。なお、コントロールポイントは伊能大図一枚につき最低 50 か所程度、島嶼が含まれる図面では最大 200 か所以上取得されている(東京カートグラフィック・河出書房新社, 2015)。

見通しで描かれた海岸線(非実測)がどんな場所に分布しているかを調べるために、海岸付近の地形を地理院地図(縮尺 1:25,000 ズームレベル 17)から判読する。本来ならば伊能図とほぼ同時期に作成された地形図を使用するのが望ましいが、しかし、江戸後期の地図には土地利用や地形の情報がほとんど示されていない。また、土地利用に関しては城下絵図や切絵図などから復元できるものの、ある一定の範囲しか描かれていない。そこで、本研究では、全

国スケールで地形・土地利用情報が整備されている現在の地理院地図を補助的に用いる。なお、非実測海岸線の地形についての判定基準は、海岸線に最も近い地図記号に基づいている（図 4）。ただし、崖と岩がほぼ同時に記載されている場合は、周辺の状況を考慮し、実測に対する制約が大きいと思われる崖を優先する。

『デジタル伊能図』にベクタデータで収録されている非実測海岸線は、地理院地図の形状に基づいて描かれている。そのため、このベクタデータでは精度を検証できない。つまり、非実測海岸線の精度は、補正伊能大図と地理院地図の海岸線を重ね合わせたときに顕在化する。補正伊能大図における実測海岸線は、幾何補正の位置合わせに使用されているためズレが形成されないと仮定し、非実測海岸線のみズレが生じるとみなすことができる。言い換えれば、本分析で対象とするズレとは、伊能大図の歪みを幾何補正によってできるだけ最小化した結果に基づくものであり、ズレとして残された不整合を示すと考えられる。ただし、その際地理院地図の海岸線を 1810 年代の実測の海岸線とみなすという前提条件を設ける必要がある。

そこで本研究では、補正伊能大図において見通しで描かれた非実測海岸線の形状をベースに、新たな海岸線データ（非実測）を作成した（図 3 水色）。なお、島嶼部は見通しで描かれる割合が高いため、考察はいずれも本土（北海道・本州・四国・九州）のみに限定する。

3. 結果と考察

3. 1. 非実測海岸線の分布と地形・土地条件の関係

分析の結果、見通しで描かれた非実測海岸線の 38.6%は崖地、25.7%は岩石（磯浜）海岸、6.2%は湿地（一部の田および干潟を含む）、その他が 29.5%であることが判明した。起伏が激しく実測に危険が伴う海岸はもちろん、平坦な海岸であっても干潟などが広がるぬかるんだ沿岸域では、実測せず見通しで描かれていることがわかった。

図 5 は非実測海岸線の分布を地形・土地分類別に示している。崖地や岩石（磯浜）海岸は、全国のリアス部や半島部に卓越する。これらの海岸は最近 200 年間に人的改変等がほとんど行われていないと考えられるため、分析結果は概ね妥当であると判断できる。その一方で、湿地に関しては過去の土地利

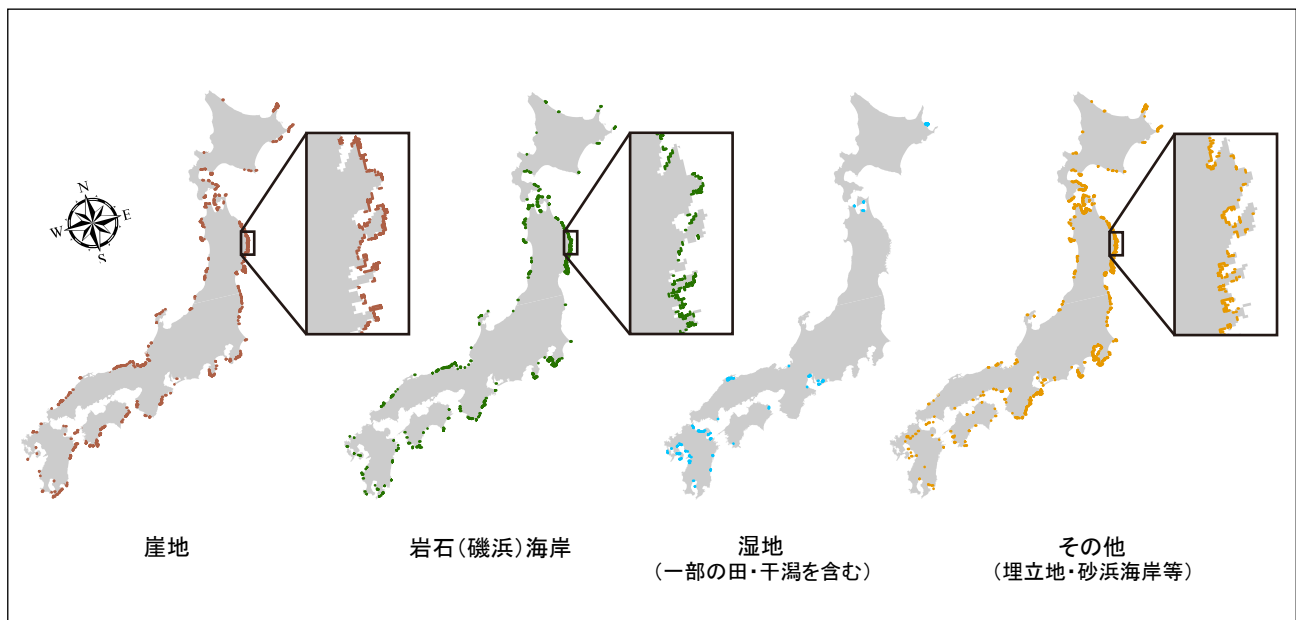


図 5 非実測海岸線における地形状況

注：非実測海岸線は地理院地図の現在の海岸線で代用。ただし、埋め立て等で変化した区間については、幾何補正した伊能大図をもとに線分が写し取られている。

（『デジタル伊能図』より作成）

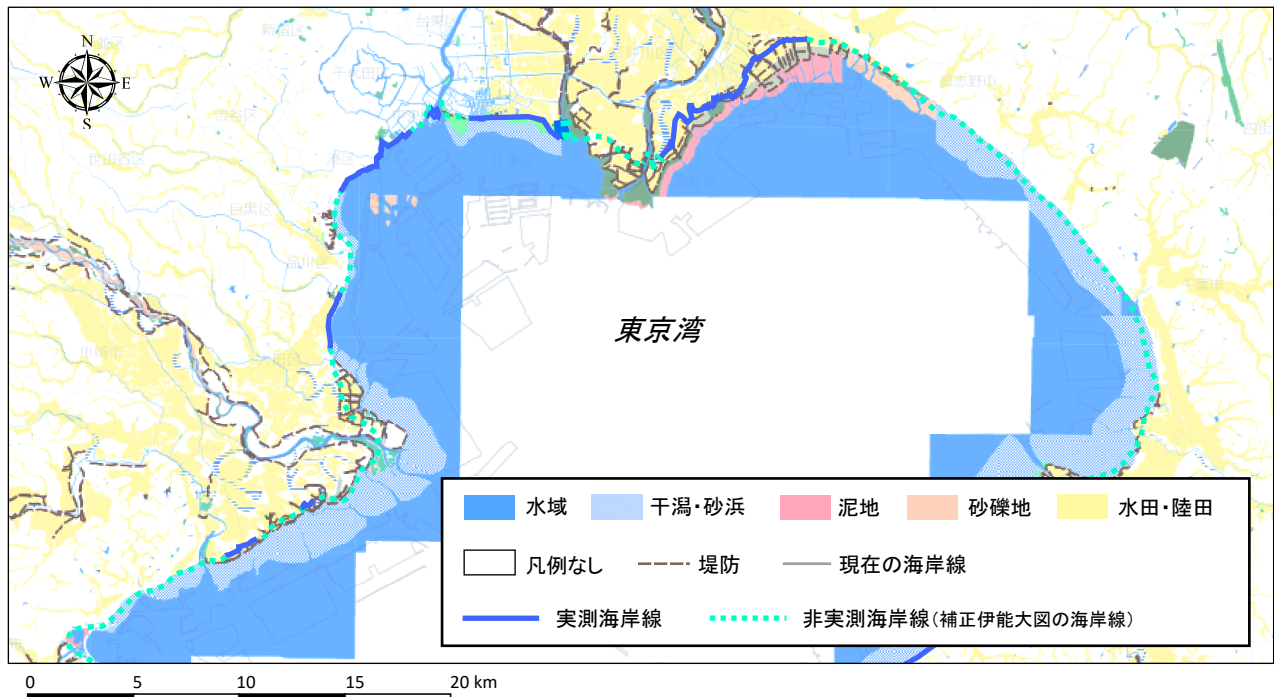


図 6 伊能図の海岸線と迅速測図（1880年－1886年）の重ね合わせ

注：土地利用分類は第一軍管地方二万分一迅速測図原図（1880年－1886年）に基づく。

（『デジタル伊能図』および地理院地図より作成）

用ではなく、現在地図（地理院地図）の土地利用に基づいているため、誤差の割合が高いと思われる。明治以降、全国各地で湿地の埋め立てや干拓が急速に進み、港湾開発や宅地化が行われたからである。

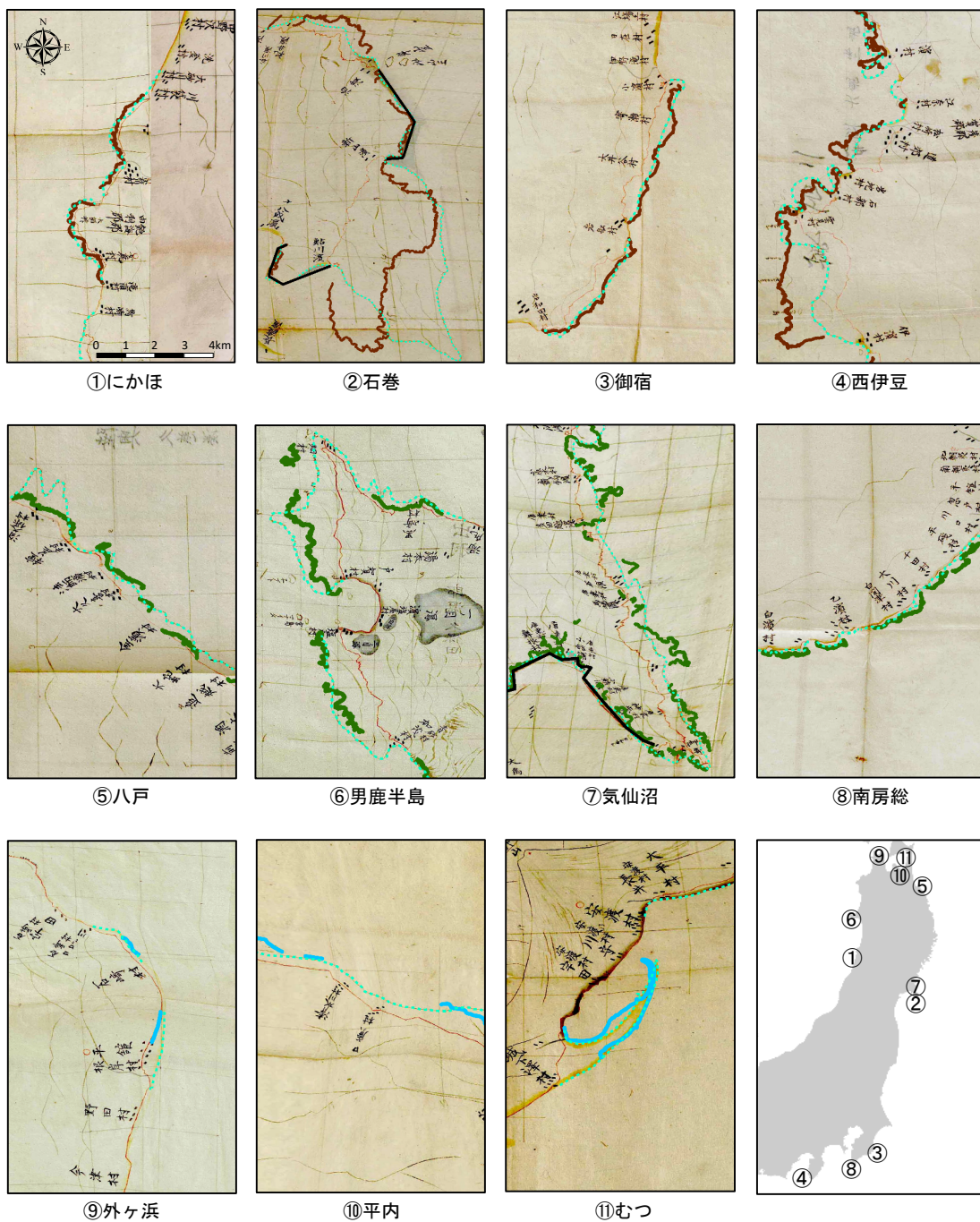
全体の約 3 割を占める「その他」は主に、大都市周辺に加え、三陸海岸や熊野灘などの入り組んだ海岸線に点在している。つまり、都市部において「その他」には現在立地する港湾や工場、遊休地、公園などが該当し、それ以外の地域では、崖地と崖地の間にみられる小幅な砂浜などが「その他」に区分されている。また、海上引縄区間については、単調な砂浜海岸であっても船上から見通しで描かれている。海上引縄実施の区間の割合が最も高い東北地方において、「その他」が卓越するのはそのためである。

図 6 は、東京湾岸を事例に非実測海岸線を迅速測図（1880 年～1886 年）に重ね合わせることで、過去の土地利用を復元し、実測の有無との関係を示したものである。当時の東京湾には一帯に干潟が広がっていたことが確認できる。さらに、オーバーレイにより干潟と非実測海岸線の分布が概ね一致すること

が明らかになった。この傾向は、東京だけでなく、名古屋や大阪といった大都市の沿岸部のほか、干拓が盛んに行われた日本海沿岸などの地域にも当てはまる。したがって、「その他」の割合（29.5%）には沼沢地が含まれているので、湿地の割合（6.2%）は過小に評価されていることを指摘しておきたい。なお、東京湾は、海岸の側を並走する街道からの見通しで描かれていることに注意されたい。

3.2. 非実測海岸線のズレと地形・土地条件の関係

次に、見通しで描かれた非実測海岸線の精度が、地形によっていかに異なるのかを調べる。図 7 は、地理院地図の形状に基づく非実測海岸線を、地形別に色分け表示したものである。補正伊能大図の形状に基づく非実測海岸線（水色）が重ね合わせられている。第 3 次測量（東北・関東・伊豆）までの事例ではあるが、地形・土地条件のうち、崖地においてズレは最も大きいことが判明した。ただし、崖地のなかでも精度にはばらつきがみられ、にかほ・御宿では比較的精度が保たれているのに対し、石巻・



非実測海岸線（地理院地図の現在の海岸線）

非実測海岸線（補正伊能大図の海岸線）

海上引縄した区間

崖地
岩石（磯浜）海岸
湿地（一部の田・干潟を含む）

図 7 地形・土地条件別にみた非実測海岸線のズレ

注：朱色は街道および海岸線の測線を示す。

（『デジタル伊能図』より作成）

西伊豆などの入り組んだ海岸線ではズレが顕著である。とくに石巻では、北東部や南西部の海岸線は海

上引縄によって海上からの見通しで描かれているのに対し、最もズレが大きい南東部では海上引縄が実

施されていない。海岸、街道、或いは海岸線を見渡せる遠方からの見通しで海岸線を描いたものと思われる。なお、湿地は、崖地・岩石（磯浜）海岸に比べて精度が比較的良好であることが判明した。その理由として、平坦な地形のため海岸の視界が良好であったことが考えられる。

次に、見通しで描かれた非実測海岸線のズレ（不整合）の定量的算出を試みる。図 7 に示した各地域の範囲を対象に、地理院地図と補正伊能大図それぞれの海岸線の差分を、Arc Tool Box の「フィーチャ→ポリゴン」ツールによってポリゴンデータとして導出した（図 8）。その後、導出したポリゴンに対してジオメトリ演算を行うことで、それぞれの面積を求めた。なお本分析では、補正伊能大図と地理院地図の海岸線が十分に閉合していないことから、湿地が卓越する 3 地域については対象外とした。

分析の結果、図 7 に示した崖地 4 地域のズレは計 15.4 km^2 、岩石（磯浜）海岸は計 14.9 km^2 であることが明らかになった。なお、それぞれの海岸線の距離は、崖地が計 98.4 km 、岩石（磯浜）海岸が計 184.3 km であることを考慮すると、崖地におけるズレはかなり大きいと推察される。

補正伊能大図にみられる朱色の線は、伊能測量隊が海岸線と街道を実測した測線である。そのうち、内陸を通る測線は街道を示している。ズレの形成には様々な要因が考えられるが、その一つとして、街道から見通しで描かれた非実測海岸線までの距離が挙げられる。図 7 では、とくに石巻、西伊豆において、街道からの距離が離れている場合にズレが大きくなっていることが確認できる。このように、海岸線が街道からの見通しで描かれているならば、崖地や岩石（磯浜）海岸、湿地といった海岸周辺の地形・土地条件よりも、街道からどれくらい鮮明に海岸線を見通せるかが、ズレに大きな影響を与えたと推測される。

この仮説を実証するため、海岸線を見通す際の場所（陸上と海上）を比較し、ズレの精度を検証してみる。図 9 は敦賀半島における非実測海岸線のズレを示す。東側の浦底浦の海岸線は、海上に浮かべた小舟からの見通しにもとづき描かれている。一方で、

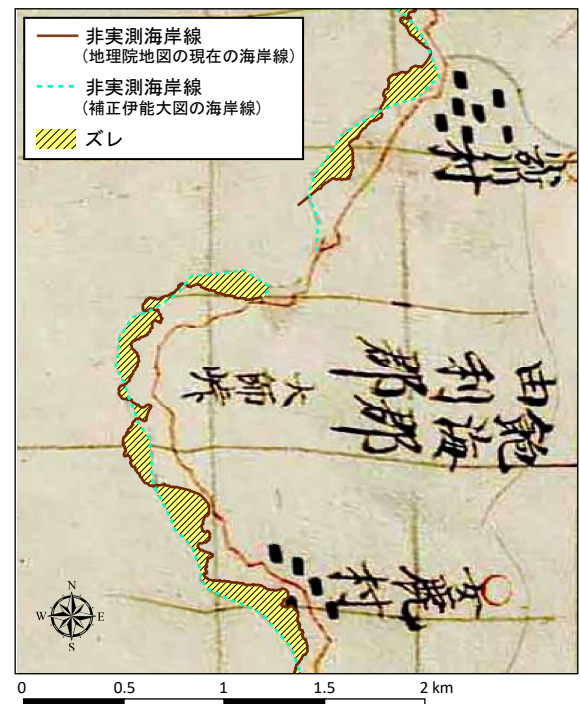


図 8 ズレの定量的導出方法

注：朱色は街道の測線を示す。

（『デジタル伊能図』より作成）

西側の丹生村の海岸線は、陸上からの見通しにもとづき描かれている。ズレ幅（図 9 の黄色矢印）に着目すると、浦底浦の方がズレは大きいことが読み取れる。したがって敦賀半島では、海上からの見通しで描かれた場合の方が非実測海岸線の精度は落ちることがわかった。海上から見通しで海岸線を記録する場合には、何らかの理由（小船が揺れるなど）で方位測定などが上手くできなかったと思われる。

図 9 の敦賀半島の事例にみられるように、伊能図において、湾は海上からの見通しで描かれている場合が多く、また非実測海岸線の精度は比較的低いことがわかった。他の地域でも同様に、非実測海岸線は湾において精度が低く、岬の方が高い精度で描かれていることが判明した（図 10, 図 11）。以上を踏まえると、海上からの見通しで描かれる場合の方が、陸上からと比べて非実測海岸線の精度は低くなると考えられる。ただし、国土全体の形状を正確に捉えることが伊能の目的であることを考慮すると、彼は図 9 や図 10 に挙げたような規模の小さい湾については、最初から十分な精度を求めていなかったかもしれない。また、図 7 の結果を踏まえると、陸上

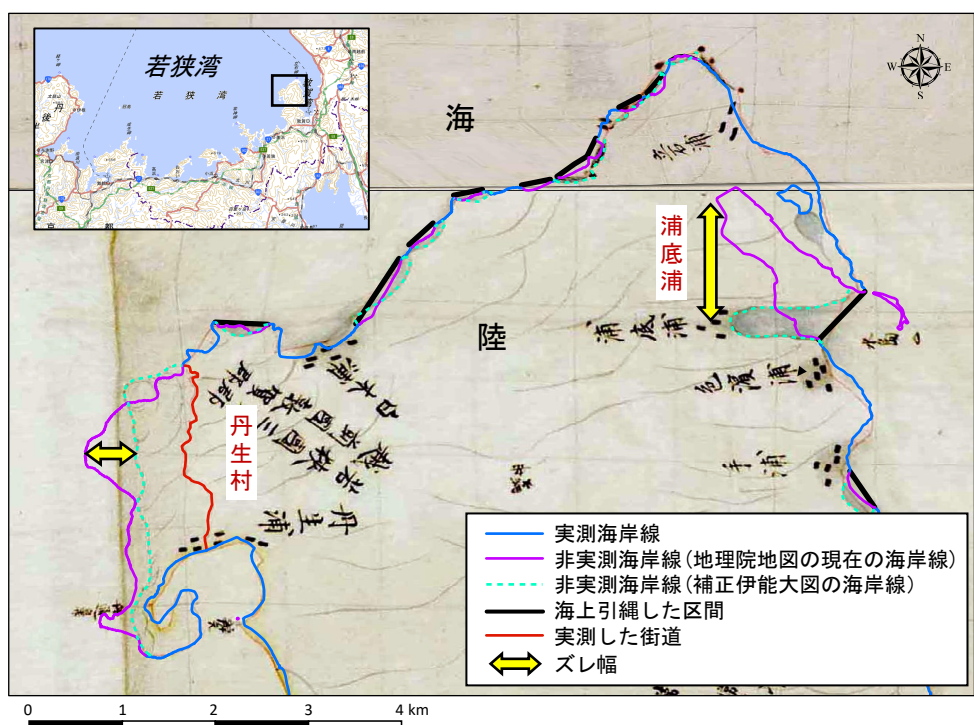
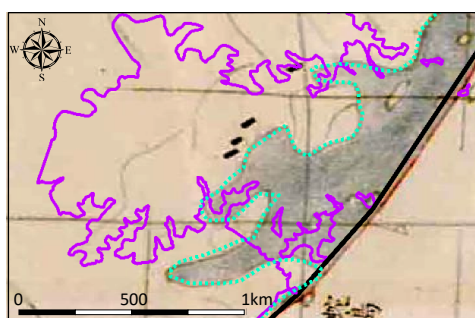


図 9 敦賀半島における海岸線のズレ

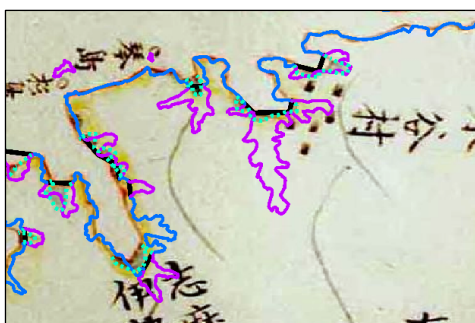
(『デジタル伊能図』より作成)



①松島湾



②七尾湾



③英虞湾

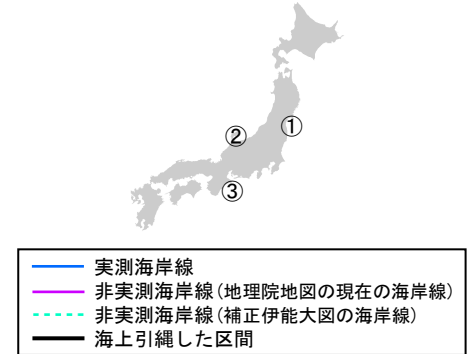


図 10 主要な湾における海岸線のズレ

(『デジタル伊能図』より作成)

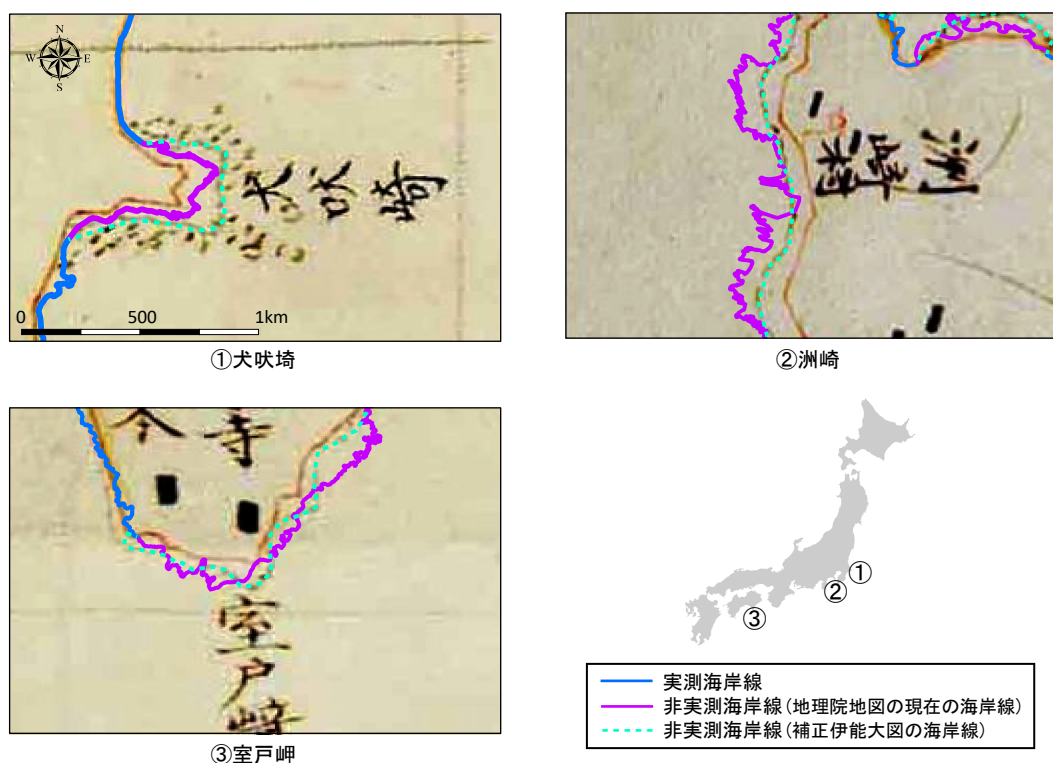


図 11 主要な岬における海岸線のズレ

注：朱色は街道の測線を示す。

(『デジタル伊能図』より作成)

からの見通しであっても、その地点から海岸線までの距離が離れていれば、非実測海岸線の精度は低下することが指摘できる。

4. 結論

本研究では、伊能図において見通しで描かれた海岸線（非実測）に着目し、その地理的分布やズレの程度（精度）を明らかにした。伊能図において実測された街道・海岸線の湾曲部や分岐点、神社・仏閣などを地理院地図上に照合させた『デジタル伊能図』を使用することで、非実測海岸線と海岸地形・土地条件の関係性や、実際の海岸線とのズレを定量的に導きだすことができた。

分析の結果、非実測海岸線の7割以上が崖地、岩石（磯浜）海岸、湿地（一部の田・干潟を含む）に分布していることが明らかになった。また、実際の海岸線とのズレは、崖地において大きくなる傾向が判明した。ズレの要因には、実測が困難な地形であ

ることのほか、海岸線を鮮明に見通せるかどうかことが重要であることが示唆された。以上を踏まえると、伊能図の科学的側面は、一定の地理的な制約に基づくものであると結論付けられる。

最後に、残された課題を提示して本稿を結びたい。第一に、下田など一部の地域では、崖地や岩石（磯浜）海岸にもかかわらず海岸線が実測されていた。したがって、同じ海岸地形であっても実測されるのはどのような条件であるかを追究することが今後の課題として挙げられる。

第二に、非実測海岸線の精度に関して、海岸線を見通す際の場所（海上と陸上）の差異については、すべての海上引縄区間を対象に検証する必要がある。陸上からの見通しでは、藪の中をかき分けて海側へ進み、海岸線を実測なしに記録したことが想定される。さらには、海上と陸上の見通しを併用している可能性も考えられる。こうした測量実態に関する考察を行う際には、当時の測量過程を記した『伊能忠

敬測量日記』が貴重な手がかりを与えてくれる。

謝辞

『デジタル伊能図』において、測線データを作成された猪原紘太氏（東京カートグラフィック株式会社）に感謝の意を表します。また、地名索引や測量日記の現代語訳などは伊能忠敬研究会の皆様をはじめ多くの方々にお世話になりました。ここに記して、感謝申し上げます。本研究を遂行するにあたって、科研費・基盤研究（A）16H01830 を使用しました。

注

- 1) 国土地理院のウェブサイトによると、崖の定義は高さ 3 m 以上かつ長さ 75 m 以上の急斜面とされている。

参考文献

- 岩井優祈・村山祐司・猪原紘太（2020）GIS を援用した伊能図の空間分析ー最近 200 年間の国土変化に着目してー。「地学雑誌」, **129**, 215-226.
- 織田武雄（1974）『地図の歴史ー日本編ー』, 講談社.
- 金澤 敬（2000）伊能図中図におけるズレに関する考察。「地図」, **38** (1), 13-20.
- 川村博忠（1984）『江戸幕府撰国絵図の研究』, 古今書院.
- 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.
- 野上道男（2019）伊能大図における星測と横切測量・方位測量による導線位置の補正ー第 4 次測量までの例ー。「地図」, **57** (3), 1-13.
- 平井松午編（2019）『近世城下絵図の景観分析・GIS 分析』, 古今書院.
- 星埜由尚（2018）伊能測量とその評価ー伊能測量の前後に行われた国土測量と比較するー。「地図」, **56** (1), 1-8.
- 星埜由尚（2020）伊能忠敬全国測量の諸問題。「地学雑誌」, **129**, 227-240.
- 保柳睦美編（1974）『伊能忠敬の科学的業績』, 古今書院.
- 村山祐司監修（2015）『デジタル伊能図プロフェッショナル版』, 河出書房新社.