

# 伊能図と現在地図のオーバーレイによる日本国土の地理的变化の考察

岩井優祈\*・村山祐司\*\*

\*日本学術振興会特別研究員DC, 筑波大学

\*\*筑波大学名誉教授

本研究では、伊能図と現在地図をGIS上で重ね合わせるにより、1821年から2020年までの日本国土の地理的变化を分析した。具体的には、街道、湖沼、河口、島を対象に、それらの位置や形状の変化を可視化するとともに、変化をもたらした要因を考察した。オーバーレイ解析を施した結果、(1)代替道路の敷設によって伊能が実測した街道の24.7%が現在までに消滅し、それらは地方の山間部に多く分布すること、(2)湖沼の周長や面積の変化量は基本的にその規模に比例するが、変化の要因には都市部と農村・山間部で違いがみられること、(3)大都市圏における河口の移動は流路の変更や改修に起因する一方、非都市化地域では主に浸食・堆積作用に起因すること、(4)都市に近い島ほど埋立・干拓による影響が大きく、自然的要因による形状変化は小島に多くみられることが判明した。これら実証分析の成果は、古地図研究においてGISを活用したオーバーレイ解析が威力を発揮することを示唆する。

キーワード：伊能図、道路（街道）、湖沼、河口、島、日本

## I はじめに

地理情報システム（GIS）の普及によって、古地図・絵図・古写真などの歴史史料の空間分析が活発になっている。とくに、古地図（Historical maps）はデジタル化が進み、近代化形成期以前の農村景観や都市集落、地域構造を対象にしたGIS分析を深化させている（村山，2009）。

古地図を題材に江戸時代やそれ以前の城下町の土地利用や景観をGISで復元する試みは、貴重な成果を上げてきた。たとえば、清水ほか（1999）は、岡田屋版萬延江戸図と等高線をGISでオーバーレイさせ、大名屋敷が居住環境の優れた南向きの斜面に分布していることを明らかにした。塚本・磯田（2007）は寛永後萬治前洛中絵図をGISに取り込み、歪みを定量的に解明している。清水ほか（2008）は天保御江戸絵図を題材に、江戸の都市景観を三次元空間上に再現している。平井（2009）は、複数の時期に作成された洲本城下屋

敷割絵図を用いて、1600年代から1800年代にかけて洲本城下町の土地利用がどのような変貌を遂げたか、GISによって説示した。さらに、平井ほか編（2014）および平井編（2019）は、近世測量絵図を用いた土地利用・景観のGIS分析を体系的に紹介し、その有用性を指摘している。

しかし、管見するかぎり、これまでの古地図研究は、多くが地域・局地的な空間スケールの考察にとどまり、日本全国を対象にしたGIS分析はほとんど行われていない。これは、GIS分析に耐え得る精度の高い全国地図が近代化以前にはきわめて少ないことに起因すると思われる。

この精度条件をクリアする古地図に、1821年に完成した大日本沿海輿地全図（以下、伊能図と呼称）がある。海岸線測量により日本国土の輪郭を可視化した伊能図は、我が国最初の科学的実測図として高い評価を得ている。伊能忠敬は弟子を連れて、17年かけて全国を測量した。伊能は、鉄製の鎖で逐一距離を測り、線分の距離と方位を

記録するとともに、星座の観測により緯度の補正を試みた。その精度は当時の古地図のなかでも群を抜いて高い。

伊能図の既往研究では、伊能の測量方法・技術や測量実態に注目した論考が多い（保柳編，1974；東京地学協会編，1998；金澤，2000；渡辺・横溝，2015；菱山，2017；野上，2020；星埜，2020）。その一方、伊能図を手がかりに、当時の地理的特徴や景観を復元したり、過去200年にわたる日本国土の変化などを探究したりした実証研究はきわめて少ない（佐藤，2000；田中ほか，2018）。

このような状況下、筆者らは、ここ数年GISを援用した伊能図の空間分析に取り組み、当時の国土構造、現在の地理的諸相との相違、地域変化をもたらした自然的・人為的な諸要因などを解明する研究を進めてきた。岩井ほか（2020）は、GISを用いて最近200年における海岸線の形状変化を分析した。海岸浸食や港湾の敷設により、砂浜海岸を中心に海岸線が後退した実態を詳らかにする一方、大都市近郊では湿地や低湿地の埋立が造成地を生み出し、地方では干拓が農地を増やし、結果として海岸線を前進させたことを明らかにした。

以上を踏まえて本研究では、沿岸部だけでなく内陸部にも着目しながら、最近200年間に日本国土がどのように変化したかを可視化するとともに、変化をもたらした地理的要因を明らかにすることを目的とする。GISによるオーバーレイ解析が地域変化の把握にいかにも有効であることを示すことも本研究の課題の一つである。

伊能図には多種多様な地物が存在する。寺社、城、山頂、河口、名所旧跡、宿泊地、湊、温泉、天測点、地名などは、ポイント（点）で描かれている。ライン（線）には、道路（街道）、海岸線、河川、橋などが該当する。ポリゴン（面）に

は、湖沼、島、湿地帯、干潟、塩田、集落、田畑などがある。本研究では、分布が全国に及ぶ四つの地物、すなわち道路（街道）、湖沼、河口、島を対象にする。なお、海岸線については、岩井ほか（2020）ですでに考察しているので、ここでは扱わない。

## II 伊能図と現在地図との重ね合わせ

本研究の目的を達成するために、伊能図と現在地図とのオーバーレイを行う。分析には、『デジタル伊能図プロフェッショナル版』（以下、『デジタル伊能図』と記す）を用いる（村山監修，2015）<sup>1)</sup>。これは、伊能図のうち大図（1：36,000）に描かれた地理空間情報をGISにより抽出し、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。なお以下では、伊能図と伊能大図を同義として扱う。

『デジタル伊能図』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だけでなく、200年前に存在していた地物が現在地図のどこに位置し、200年間にどう形を変え、あるいは移動したかを追尾できる点にある。『デジタル伊能図』には、測線などの線分データと、伊能図の幾何補正画像データが含まれている。以下にその概要を記す。

### 1. 線分データ

『デジタル伊能図』では、GISの透過表示機能を用いながら、伊能図の各画像図面を拡大・縮小・回転し、線分の屈曲部や交差部を基準とする位置合わせが施されている（東京カートグラフィック・河出書房新社，2015）。道路（街道）については、伊能図に示された街道と同一の道路が現在の地理院地図上（縮尺1：25,000ズームレベル17）に特定されれば、地理院地図に道路の中心線が引かれる。一方、伊能図の街道が地理院

地図上に特定されなければ、その街道は消滅したとみなされ、伊能図の街道の中心線が地理院地図に引かれる。湖（沼）岸線および海岸線については、実測された測線と見通しで描かれた線分とが分けて示される。

## 2. 画像データ

幾何補正した大図（以下、「補正伊能大図」と記す）は、ラスターデータとして『デジタル伊能図』に収録されている。当時伊能が歩行した街道・海岸の湾曲部や分岐点、神社・仏閣などを地理院地図上で照合させ、そこにコントロールポイントを合わせることで、幾何補正が施されている<sup>2)</sup>。なお、コントロールポイントは伊能図1枚につき最低50カ所程度、島嶼が含まれる図面では最大200カ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）。

## 3. 現在地図のデータ

土地利用に関する分析では、2014年版の土地利用細分メッシュ（100m）と2014年版の都市地域土地利用細分メッシュ（100m）を用いた。湖沼のデータは2016年版のZmap-AREA IIを、海岸線のデータは2020年版の基盤地図情報を、それぞれ使用した。標高のデータには、2020年版の基盤地図情報デジタル標高モデル（10mメッシュ）を用いた。なお、空間解析にはESRI社のArcMAP 10.7.1を使用した。

# III 日本国土の地理的変化

## 1. 道路（街道）

伊能図に描かれた街道の分布を図1に示す。街道の密度は西日本において高い。ジオメトリ演算の結果、伊能図に描かれた街道の総延長の24.7%が、200年の間に路線変更により消滅していることが判明した（表1）。地域別にみると、中国地

方や九州地方においてその割合が高い。これらの地方で消滅した街道が多いのは、局地的に利用されていた下道も測量の対象になったことが関係している。一方で東日本においては、測量の実施は主要な街道のみに限られていた。そのことが、東日本における街道の低密度分布や現存率の高さに反映していると考えられる。

消滅した街道のデータを現在の土地利用データと照らし合わせてみると、森林（28.8%）の割合が最も高く、ついで建物用地（27.9%）、田（14.2%）、河川および湖沼（10.6%）が続く（図2）。街道が消滅した要因はさまざまである。「森林」では、代替道路の敷設によって当時利用されていた狭小な街道が使われなくなり、やがて森林に戻されたと推定される。「建物用地」では、都市化による建造物の立地が指摘できる。「河川および湖沼」では、ダム開発や火山噴火などの影響が想定される。

つぎに、湖や沼の誕生によって水没し消滅した街道に注目し、その分布と距離を導出する。現在の湖沼データと『デジタル伊能図』の街道データをオーバーレイさせ、街道と重なる湖沼を抽出する。空間検索の結果、伊能図の街道と重なる現在の湖沼は84に達した。水没区間の総距離は319.7km、伊能図の全街道の1.7%を占める。ただし、これは湖岸の微小な形状変化による影響を含んでいる。成因を噴火やダムの建設に限定すると、図3に示される16の湖沼が挙げられる。水没した距離が最も長い街道は天若湖（日吉ダム）にみられ、4,525.1mであった（表2）。ついで豊田湖（木屋川ダム）の2,510.6m、南部片富士湖（四十四田ダム）の2,400.8mが続く。

## 2. 湖沼

湖沼は全国各地に点在する。測量ルートにあたる湖沼は、その存在が伊能図に示されている。こ

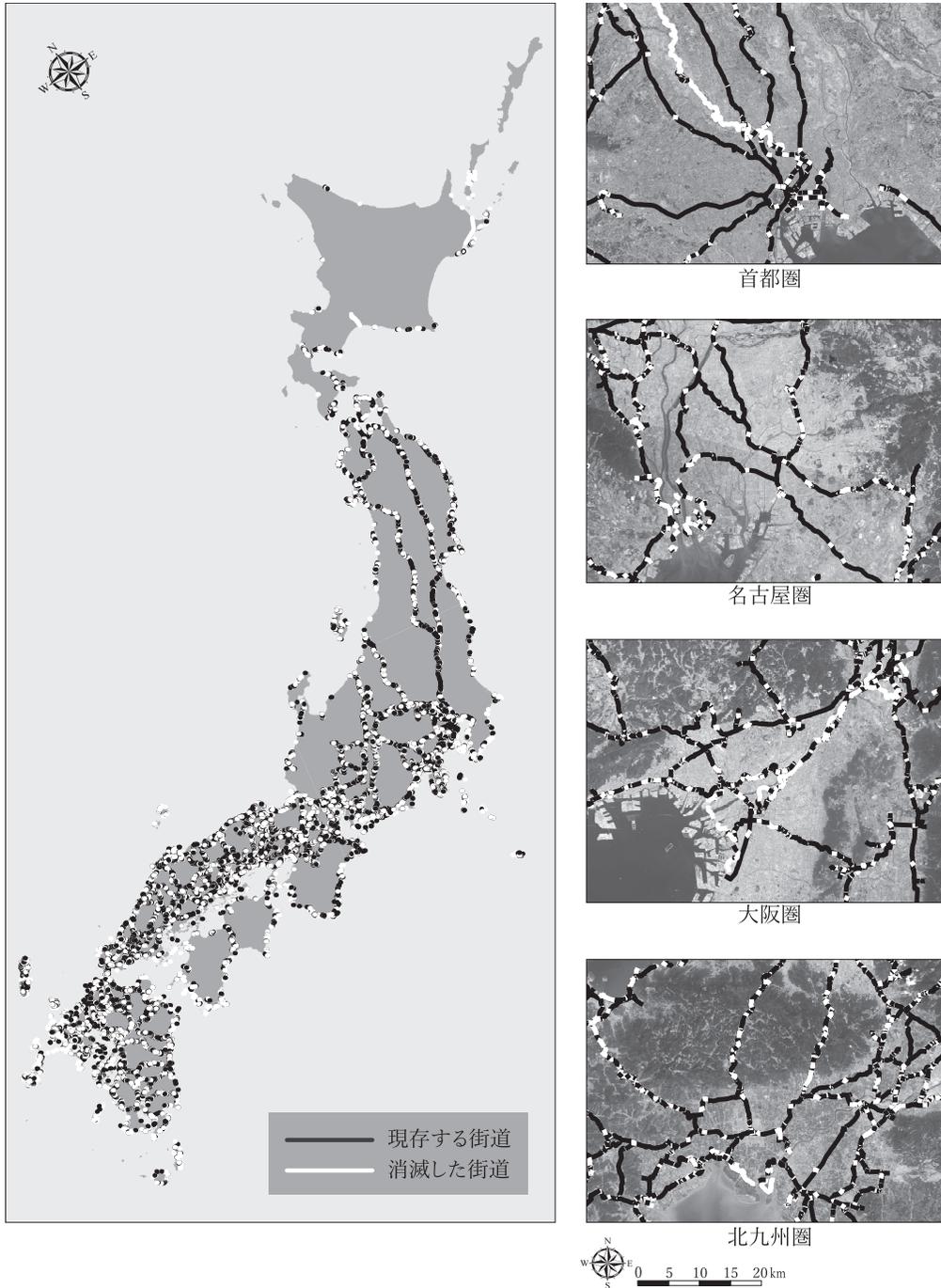


図1 伊能図に描かれる街道の分布とその現存および消滅状況  
 2015年時点の道路状況を示している。ベースマップには地理院地図の空中写真を使用した。  
 (『デジタル伊能図』により作成)

表1 伊能図に描かれる街道の分布割合（地方別）

	単位：%		
	現存	消滅	計
北海道	0.8	1.3	2.1
東北	8.4	2.2	10.6
関東	7.0	2.1	9.1
中部	14.5	3.5	18.0
近畿	13.9	3.6	17.4
中国	13.4	4.1	17.5
四国	1.1	0.7	1.9
九州	16.2	7.3	23.5
合計	75.3	24.7	100.0

分布割合は伊能図（大図）に描かれる街道（地理院地図の縮尺1：2,5000ズームレベル17をもとに作成）の距離をもとに算出した。

（『デジタル伊能図』により作成）

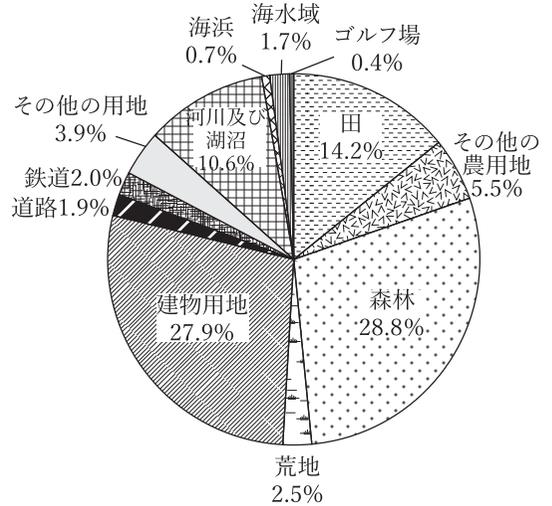


図2 最近200年間に消滅した街道の周辺地域における現在の土地利用

（『デジタル伊能図』および国土数値情報（2014年版）により作成）

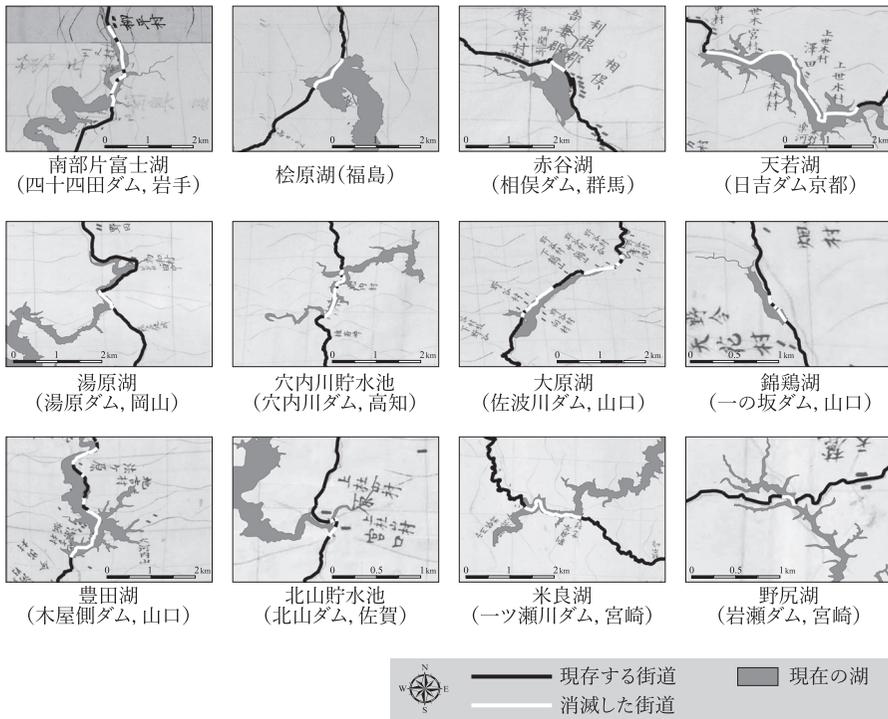


図3 最近200年間に水没した街道（湖沼別）

水没区間の距離については表2を参照されたい。

（『デジタル伊能図』およびZmap-AREA II（2016年版）により作成）

表2 伊能図に描かれる街道の水没区間  
(湖沼別, 最近200年間)

単位：m	
湖名	水没区間
天若湖 (日吉ダム, 京都)	4,525.1
豊田湖 (木屋側ダム, 山口)	2,510.6
南部片富士湖 (四十四田ダム, 岩手)	2,400.8
大原湖 (佐波川ダム, 山口)	2,394.6
米良湖 (一ツ瀬川ダム宮崎)	2,108.8
穴内川貯水池 (穴内川ダム, 高知)	1,717.0
椋原湖 (福島)	1,549.4
湯原湖 (湯原ダム, 岡山)	707.9
赤谷湖 (相俣ダム, 群馬)	365.8
錦鶏湖 (一の坂ダム, 山口)	332.8
野尻湖 (岩瀬ダム, 宮崎)	211.4
北山貯水池 (北山ダム, 佐賀)	142.2

水没区間の距離は伊能図 (大図) に描かれる街道 (地理院地図の縮尺1:2,5000 ズームレベル17をもとに作成) をベースに算出した。

(『デジタル伊能図』およびZmap-AREA II (2016年版) により作成)

のなかで、全周実測が行われた湖沼は、広沼、三方五湖、湖山池、東郷池、神西湖、波根湖の六つである (表3)。全周ではなく一部が実測された湖には、象潟、十三湖、芦ノ湖、諏訪湖、浜名湖、琵琶湖、大池、阿蘇海、中海、宍道湖が該当する (表3)。実測せず見通しにより絵画的に描かれた湖沼もいくつか存在する。

図4は、周長の8割以上が実測された11の湖沼を対象に、埋立地における現在の土地利用構成を示したものである。多くの湖沼では、200年間に埋立・干拓が進んだことがわかる。なかでも田や農地への転換が最も多かった (図4)。一方で、浜名湖や阿蘇海、東郷池では、埋め立てられると低層建築物へ変わっている。広沼や中海など、港に隣接する湖沼では、埋立地は工場用地として使われる傾向がある。

表4は、周長の8割以上が実測された九つの現存する湖沼を対象に、伊能図作成当時と現在の面

表3 伊能図に描かれる湖沼の実測区間と全周に対するその割合

	実測区間 (km)	割合 (%)
琵琶湖	325.8	92.0
浜名湖	135.5	97.3
中海	105.1	92.7
三方五湖	39.3	100.0
宍道湖	31.2	59.2
芦ノ湖	16.9	82.1
湖山池	16.7	100.0
阿蘇海	12.8	81.0
東郷池	11.1	100.0
広沼	10.6	100.0
十三湖	9.9	29.2
諏訪湖	9.2	59.1
神西湖	6.3	100.0
象潟	4.3	57.1
波根湖	3.8	100.0
大池	2.9	75.7

実測区間の距離は伊能図 (大図) に描かれる街道 (地理院地図の縮尺1:25,000 ズームレベル17をもとに作成) をベースに算出した。

(『デジタル伊能図』により作成)

積を比較考察した結果を示したものである。200年間に変化が最大なのは琵琶湖、変化が最小なのは神西湖であった。また、芦ノ湖や三方五湖において面積がほとんど変わらなかったのは、周囲が山に囲まれ、地形の改変が困難であったからと推測される。面積の変化量は基本的に湖沼の規模に比例するが、その度合いや変化の要因は周辺における都市化や地域開発の程度に影響されることがわかった。

### 3. 河口

河口の分析は、伊能図の河口幅が50m以上の河川に限定する。伊能図で河川は細い線で描かれており、50mを下回る河口幅は、計測が困難なためである。また、河口が存在しない河川 (たとえば斐伊川) や、「補正伊能大図」に描かれていな

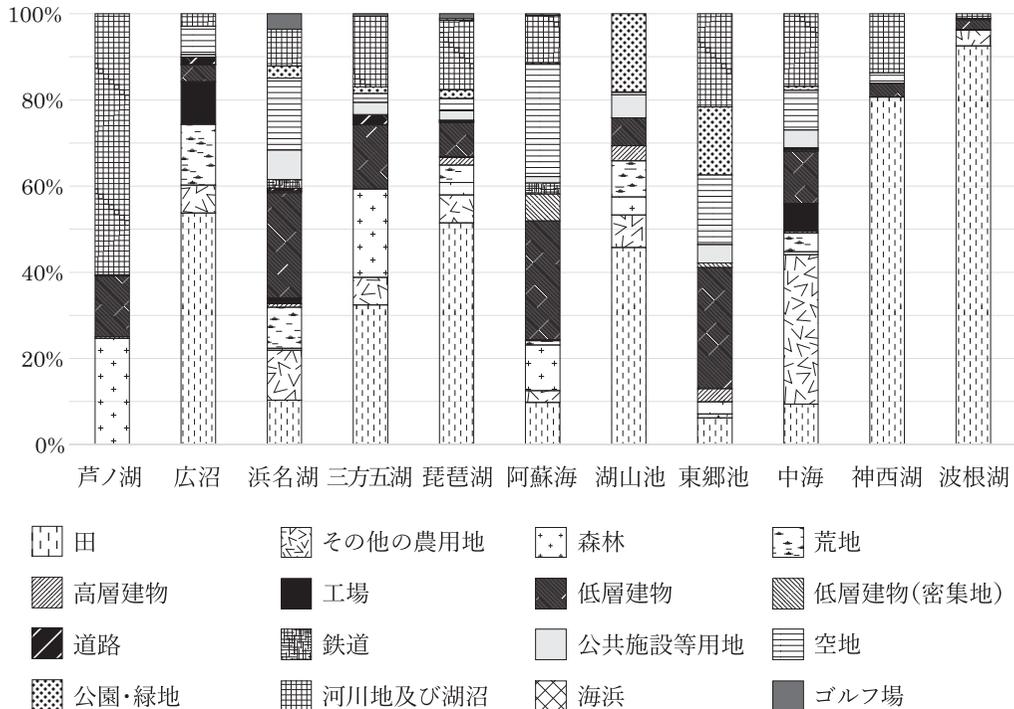


図4 湖沼別にみた埋立地の現在の土地利用

(『デジタル伊能図』および国土数値情報(2014年版)により作成)

表4 湖沼の面積比較

	単位: km <sup>2</sup>	
	伊能大図(1821年)	2016年
琵琶湖	711.9	670.4
中海	111.9	86.2
浜名湖	89.5	64.9
三方五湖	11.8	11.0
湖山池	7.8	7.0
芦ノ湖	7.0	7.0
阿蘇海	5.9	4.8
東郷池	4.6	4.0
神西湖	1.7	1.1

(『デジタル伊能図』およびZmap-AREA II(2016年版)により作成)

い河川(たとえば馬淵川, 鳴瀬川, 雄物川, 赤川, 庄川)は分析の対象外とする。同様に, 埋立などによって大改修された河川(たとえば淀川, 揖保川, 高梁川)は, 比較が難しいため, 分析から除

外する。なお, 伊能図の時代において砂州が発達していた河川(たとえば加古川)では, 砂州の幅を河口幅とみなす。この結果, 210の河口が分析の対象となった。

以上の条件のもとで, 河口幅の増減, 河口の移動をGISで計測した。河口の位置のずれは, 当時と現在の河口幅の中心点間を結ぶことにより導出した。図5は厚東川と仁淀川の事例である。前者は埋立によって河口が海側へ移動しているのに対し, 後者は砂州の形状変化によって河口が海岸線に沿って移動している(宇多ほか, 1994)。

図6から, 河口が大幅に移動したのは, 大都市周辺(仙台, 東京, 名古屋, 大阪, 広島)の河川であることが読み取れる。また, 干拓地域(秋田, 岡山, 長崎, 熊本)でも, 河口の移動距離は長い。人為的改変によって形成された土地も含め, 平野

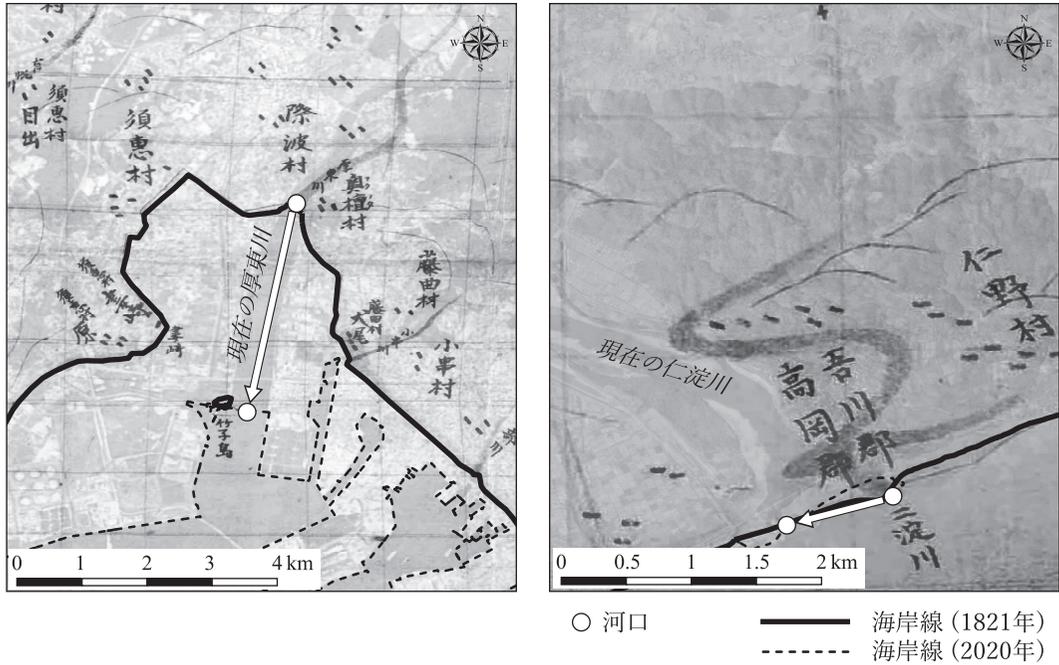


図5 河口の移動距離の算出方法

補正伊能大図に透過表示した地理院地図の空中写真を重ね合わせている。

(『デジタル伊能図』および基盤地図情報 (2020年版) により作成)

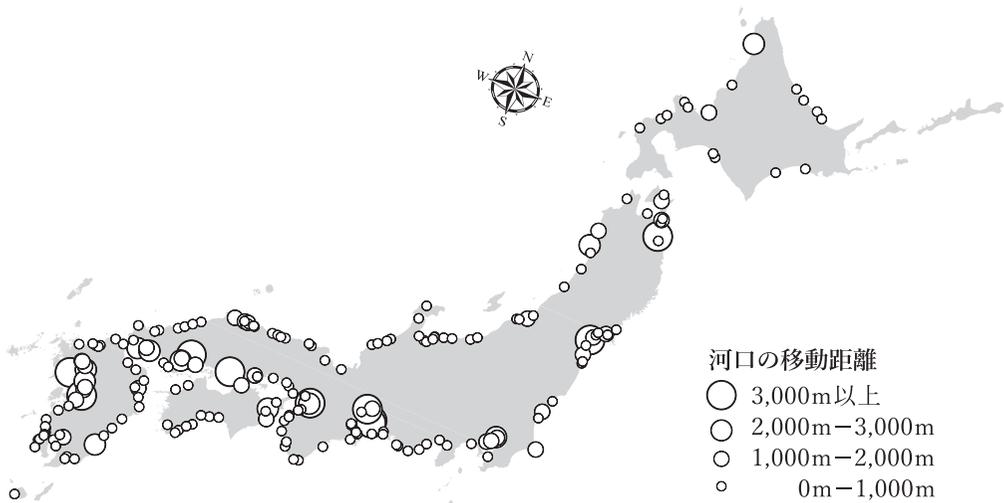


図6 最近200年間における河口の移動距離

(『デジタル伊能図』および地理院地図により作成)

部において河口の海側への移動が広範にみられる。一方、地方の非都市化（農村）地域でも河口の移動が確認されたが、これは自然的営力に起因すると思われる。

大都市の河川では、氾濫を防止するために流路が直線状に改修される傾向にある。それに対して非都市化（農村）地域の河川は、多額の費用を要する大幅な改修は行われにくい。都市化地域を流れる河川、人為的改変がなされた河川、形状が蛇行している河川などで、河口が大幅に移動したことが判明した。

#### 4. 島

伊能図には、実測せずに見通しで描かれた島も数多く存在するが、本分析ではこれらの島も考察の対象にする。『デジタル伊能図』において、島の空間検索を施した結果、北海道・本州・四国・九州の四つの本土を別にすると、伊能図には5,552のフィーチャ（ポリゴン）、すなわち島が存在することが判明した。以下では、伊能図と現在の地図を比較し、島の数や形がどの程度異なるのかを調査する。

表5は、島の数を地方別に比較した結果である。北海道と東北地方では、伊能図に描かれた島の数が現在と比べてかなり少ない。これは、両地方の測量が初期になされ、測量の方式や技術、設備がまだ確立していなかったことが原因と推測される（伊能忠敬研究会編、2018）。測量体制が整う後期に実測された西日本では、島の分布状況が的確に示されている。ここで特筆されるのは九州地方である。島の数は、現在と比べて当時の方が686も多い。これは、多くの島が現在までに浸食や水没で消滅したこと、さらに土地の隆起・干拓・造成によって陸続きになったことなどに起因する。とくに都市部やその周辺部では、明治期以降、本土との合体によって島が消え、工業用地や農業用地

表5 島数の地方別比較

	単位：島	
	伊能大図（1821年）	1986年
北海道	139	508
東北	187	800
関東	243	459
中部	191	410
近畿	359	645
中国	782	879
四国	599	625
九州	2,845	2,159
分類不能	207	—
計	5,552	6,485

（『デジタル伊能図』および海上保安庁（1987）により作成）

として造成されていったことがわかる。

図7は、伊能図には描かれているが地理院地図では確認できない島の分布を示したものである。分析の結果、少なくとも207の島が現在地図には描かれていないことがわかった。西日本、とくに九州地方に多い。これらの島の多くは、現在までに消滅したと推定されるが、一部の島は伊能の記載ミスである可能性も残されている。

ついで、伊能が実測した島を対象に、形状変化の様相を考察する。図8は、本土を除いて面積が大きい上位四つの島（面積が500km<sup>2</sup>以上）の形状を図示したものである。200年間に最も面積が増加したのは天草下島（10.5km<sup>2</sup>）であった。第2位は淡路島（5.7km<sup>2</sup>）であり、佐渡島（2.6km<sup>2</sup>）、対馬（1.4km<sup>2</sup>）と続く。面積の増加は、干拓や埋立によってもたらされた。都市部に近い島ほど、200年間で面積が増加している。対馬は面積が減少したが、これは船を通過させるために土地の掘削が行われたためである。

このように、島の面積は海岸線の人為的改変によって200年で大きく変動した。自然的営力も見逃せないが、面積が大きい島ほど、形を変える原



図7 伊能図に描かれるが現存しない島の分布

(『デジタル伊能図』により作成)

動力になったのは人為的作用であった。一方、自然的要因によって形状の変化がもたらされたのは、面積が $1\text{km}^2$ を下回る小島に多い。そこで、1821年と2018年の両年次とも面積が $1\text{km}^2$ 以下の島を対象に、面積の増加・減少を考察する。

図9は、面積の減少率が高い上位四つの島を取り上げ、形状の変化を可視化したものである。海上保安庁が提供するGIS「海洋状況表示システム(MDA Situational Indication Linkages: MDASIL)」を用いて等深線を算出してみると、四つの島とも

周辺の水深は $20\text{m} \sim 50\text{m}$ であった。1821年当時、浮島と飛島はいずれも一つの島であった。水没した場所は砂浜であり、海面上昇もしくは陸地の沈降によって形状の変化が生じたと考えられる。一方、黒島と三島および勘兵島は、海岸が切り立っている。地形(岩石海岸)から推測すると、形状の変化は海岸浸食だけによるとは考えにくい(上澤・山口, 2014)。島面積の変化には、人為的要因や伊能による測量の誤差も考えられる。

図10は、200年間で面積の増加量が大きかった

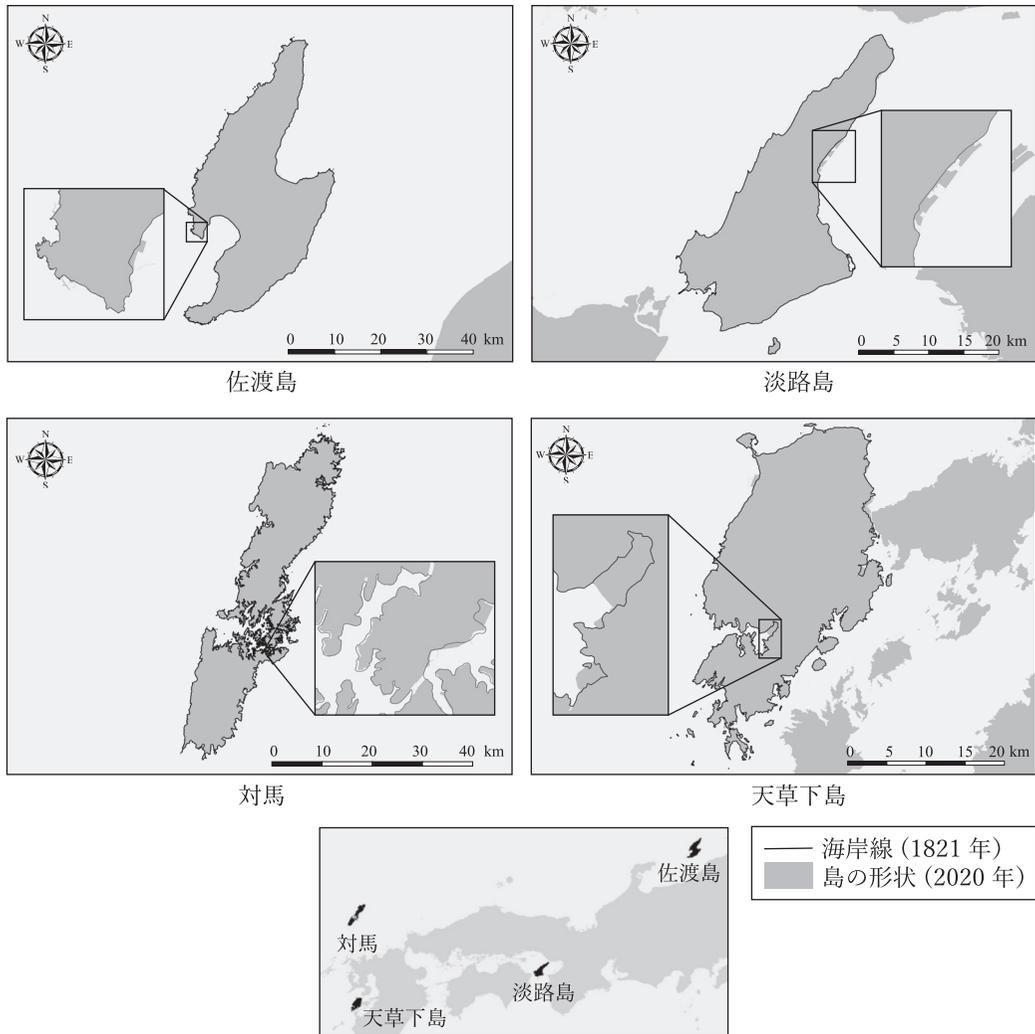


図8 最近200年間における主要な島の形状変化

(『デジタル伊能図』および基盤地図情報(2020年版)により作成)

上位四つの島の形状変化を示している。19世紀初頭、これらの島では、それぞれ二つの島が独立して存在していた。MDASILによれば、いずれの島の周辺も、水深は0~20m以内であった。水深が浅いために、波の作用によって陸繋砂州が発達し、二つの島が繋がったと考えられる(芹沢ほか, 2016)。

火山噴火も島の形状変化に大きな影響を与え

た。ここでは、火山活動が今なお活発な桜島を取り上げる。図11は、伊能図と基盤地図情報の海岸線を重ね合わせて地図化したものである。噴火により桜島が拡大し、本土と陸続きになったことが理解できる。また、ドロ島<sup>3)</sup>が水没するとともに、神瀬が新たに誕生したことが見て取れる。島鳥が桜島に取り込まれた様子も確認できる。島とは呼べないが、沖小島や有村崎の東部、瀬戸崎に

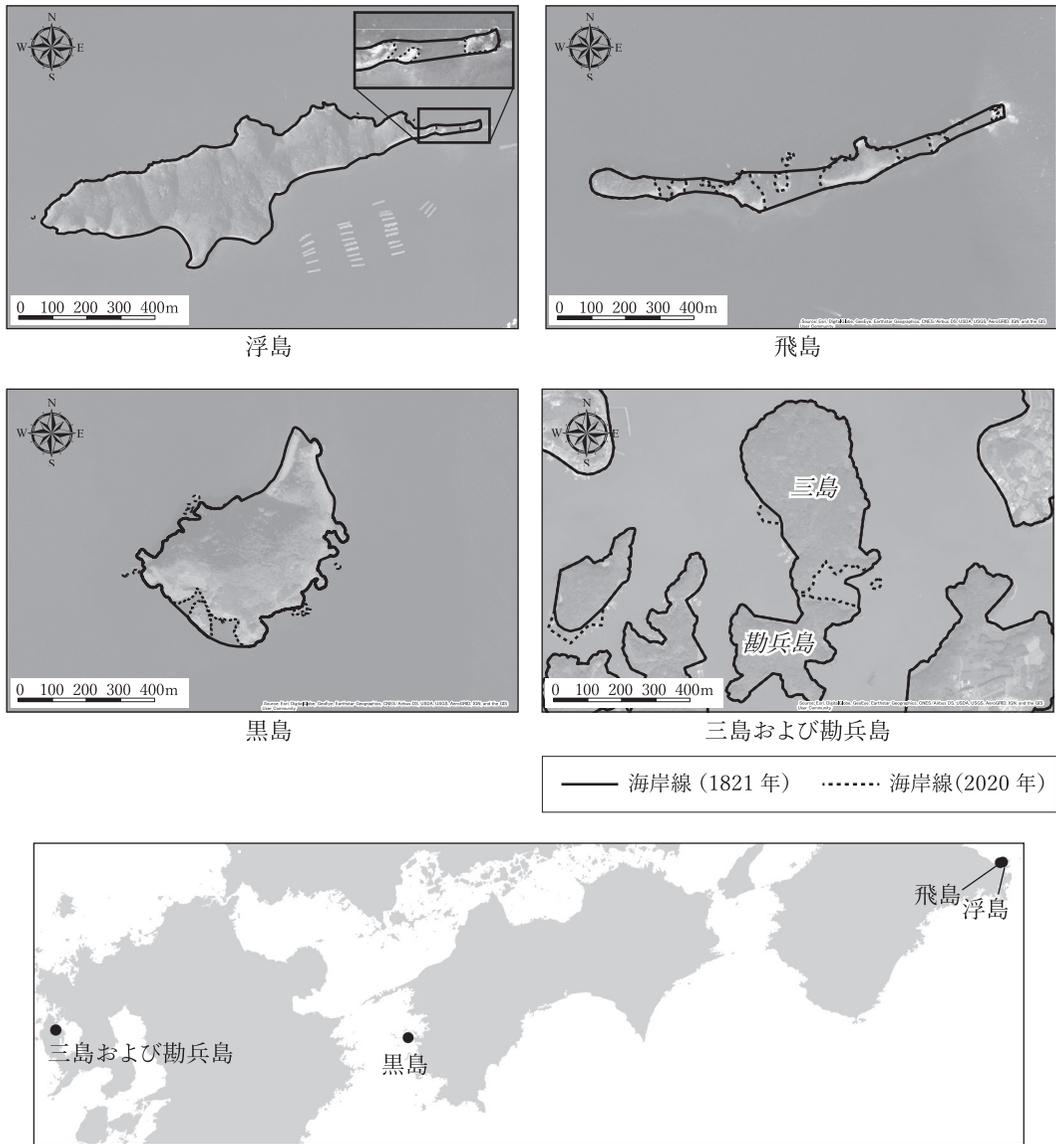


図9 最近200年間における面積減少率が高い上位四つの島

Esriの衛星画像および地理院地図の空中写真を使用した。

(『デジタル伊能図』および基盤地図情報(2020年版)により作成)

は、伊能図に記載されていない岩礁が新たに出現している。表6は、ジオメトリ演算によって導出した桜島および周辺の島々における面積の変化を示す。新島や中ノ島、猪ノ子島といった島々の面積が縮小していることがわかる。

#### IV 伊能図利用の意義と課題

実証分析の結果と先行研究の諸成果を組み合わせながら、日本国土の地理的変化のGIS分析に伊能図を活用する意義を説示し、今後の課題を論じ

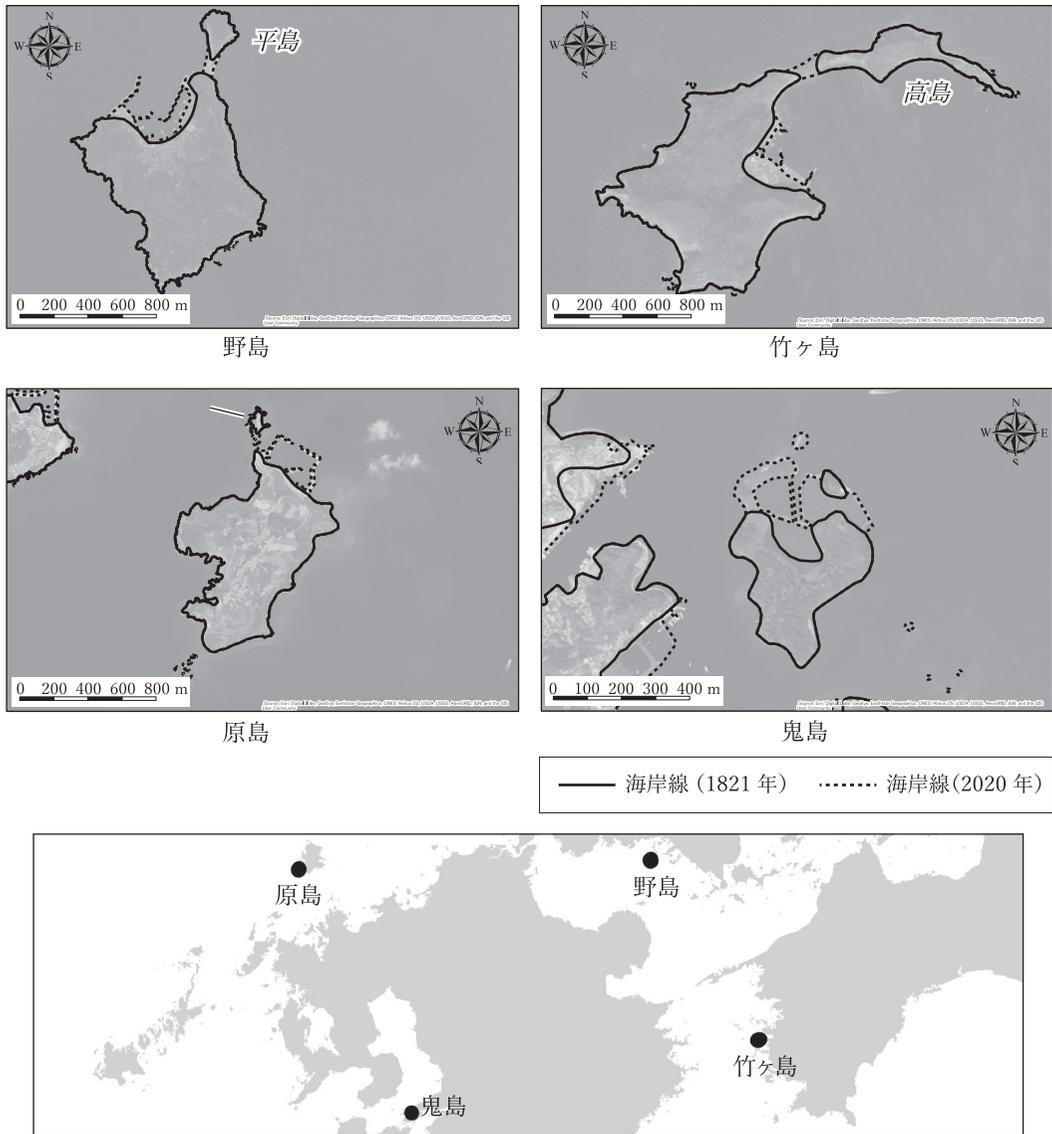


図10 最近200年間における面積増加率が高い上位四つの島

Esriの衛星画像を使用した。

(『デジタル伊能図』および基盤地図情報(2020年版)により作成)

る。

街道の消滅やルートの変更については、過去にも研究報告がなされている。西村ほか(2012)は、大都市における大幅なルート変更の要因について、戦災や高度経済成長による影響が大きいこ

とを示唆している。200年前の街道は地形の制約を受け、幅が狭く曲がりくねっていたが、戦後の地域開発に伴う交通基盤の整備によって、より直線的な道路に変貌を遂げたことが本分析からも裏付けられる。前章では、自然災害や河川の流路変

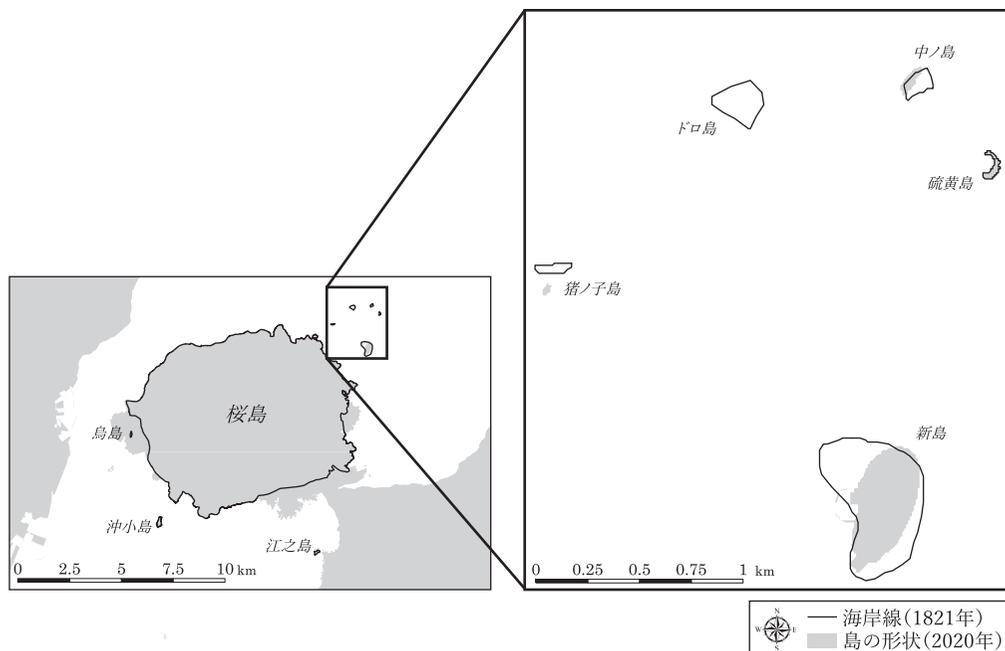


図11 桜島およびその周辺の島における形状変化（最近200年間）

各島の周長については表6を参照されたい。

（『デジタル伊能図』および基盤地図情報（2020年版）により作成）

表6 桜島とその周辺の島における面積比較

	単位：km <sup>2</sup>	
	伊能大図（1821年）	2020年
桜島	70.090	78.058
新島	0.254	0.150
沖小島	0.078	0.076
ドロ島	0.039	—
江之島	0.033	0.053
烏島	0.016	—
中ノ島	0.014	0.007
猪ノ子島	0.008	0.002
硫黄島	0.005	0.005
神瀬	—	0.033

（『デジタル伊能図』および基盤地図情報（2020年版）により作成）

更が影響していること、さらにダム建設による街道の付け替えと関連していることを指摘した。山

間部において、消滅した街道の土地利用が森林に変わったのは、道路の付け替えによって、かつての街道が利用されなくなったからであろう。長澤（2007）では、通行の難所が道路の付け替えに大きな影響を与えてきたことが報告されている。

伊能図に描かれた街道の分布には地域差がある。道路密度が高い西日本を中心に、主要街道だけでなく小街道や下道を加えて精緻な空間分析を試みることが求められる。

湖沼の形状変化は、周辺地域の地形や土地利用に規定されることを前章で指摘した。たとえば、海の近くに位置する湖沼では、湖沼面の一部が工業用地や農用地へ転換されることが多い。伊能図において分析可能な湖沼の数が限られていることから、本研究では、残念ながら、結果の妥当性を十分に検証することができなかった。しかし、

象潟などの現存しない湖沼や近代化以前の湖沼について、分布や形状を復元できる点に伊能図利用の意義がみいだせる。GISは、その定量的かつ客観的な把握を支援する。

汽水湖では、形状変化が湖内の水位変動に影響を及ぼすことが知られている（藤井・長縄, 1995）。阿蘇海および中海は200年間における形状変化が著しい。形状変化と水位変動との関係分析は、水理学的研究の発展に寄与することが期待される。また、沿岸域における埋立地（熊本ほか, 2013；小荒井・中埜, 2013）では、液状化現象が広がるが、かつて湖沼であった内陸の開発地域（住宅地や工業用地など）でも被害がみられる（青山ほか, 2014）。湖沼の形状変化を土地履歴の観点から精査し、応用地理学的な研究を推進することが必要である。

河口の移動に関しては、自然的作用、具体的には海岸地形がもたらす波と流れの不連続性、さらに河川からの土砂流入量の変動が、その原因として指摘されてきた（宇多ほか, 1994；清野ほか, 2003）。それに加えて本研究では、河川流域周辺の都市化との関連性に言及した。大都市における河川工事は、河口の移動に直接的な影響を及ぼす。なお、伊能図の作成目的は日本全国の海岸線測量にあったので、河口に関する情報はきわめて精確である。全国スケールの貴重な地理空間情報として位置づけられる。

島数が、最近200年間にどれくらい増減したかを示すことは難しい。伊能が当時の島をどのような基準で記録したか定かでないからである。ここでは、測量精度が比較的高いと考えられる中国・四国・九州地方を対象に、島の分布の変化を探る。島数の減少は、瀬戸内海より九州地方の方が顕著である。九州地方では、複雑に湾が入り組んでいるが、とくに湾外で多くの島が形を変えたり、消滅したりしている。複数の島が合体した例も少な

くない。埋立や干拓などの人為的要因に加え、沿岸域における地形特性が、島の形状変化や消滅に影響を与えてきたと考えられる。なお、研究のさらなる発展のためには、伊能図に描かれなかった島の特徴を解明することが重要である。その際、各地の国絵図や史料などをオーバーレイすることが一つの有効な手段となる。

前章で桜島に言及したが、火山活動による桜島の形状変化を考察した研究は、ほかにもみられる。たとえば、小林（2009）は、当時の日記や火山学的な調査を駆使しながら、桜島の成因を論じている。三国名勝図会に記載の地図を援用して、周辺の島々の分布や形状を明らかにしているが、形状の可視化や面積・周長測定の数値分析には、実測図である伊能図の方が適していると考えられる（図11）。

## V おわりに

伊能図はその特性上、海岸線の研究に利用されることが多く、内陸部の地物や地理的諸相に着目する研究は少なかった。本稿では、伊能図を電子化した『デジタル伊能図』を用いて、海岸線だけでなく、内陸の街道・湖沼や河川・河口・島などの地物に注目しながら、最近200年間の日本列島の地理的变化を明らかにした。事例分析を通じて、変化した量やその質には地域的差異が存在すること、とくに大都市周辺部と非都市化地域間で違いが顕著であることがわかった。

長期にわたる国土変容を科学的に追究できるのは、全国スケールで地理空間情報が詰まった伊能図の強みといえる。本研究を通して、GISのオーバーレイ機能は、伊能図に描かれた海岸線や内陸の地物を対象とした時空間分析に威力を発揮することが確認できた。なお、伊能図に描かれた内陸部の地物には、分布密度に偏りをもつ地理空間情報が含まれる。そのため、全国スケールで空間分

析を実施する際には注意を要することを記しておきたい。

本研究に残された課題は多いが、その一つに伊能図における精度の究明がある。本稿では日本全体を対象にしたため、各地方や地域の局所的誤差はあえて捨象した。しかし、伊能図それ自体が、どこでどれほど歪んでいるかを体系的に明らかにすることは、地図学にとどまらず、地理学にとっても重要である。この点は今後の課題としたい。

### 【付記】

本研究を遂行するにあたって、村山祐司監修『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・InoPedia他）を使用しました。『デジタル伊能図』の作成において、伊能図の海岸線や測線情報を読み取り、精確な線分データベースを構築された東京カートグラフィック株式会社・相談役の猪原紘太氏に敬意と感謝の意を表します。

### 注

- 1) 『デジタル伊能図』に収録された伊能図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（1974：328-331）に基づく。
- 2) 伊能大図の幾何補正には三角形分割が施されている（東京カートグラフィック・河出書房新社，2015）。なお，補正伊能大図は，コントロールポイント上では地理院地図と一致するものの，その周辺ではわずかな誤差（歪み）が残されている。
- 3) ドロ島は，恵美須島，六番島とも呼称される（小林，2009）。

### 文 献

青山雅史・小山拓志・宇根 寛（2014）：2011年東北地方太平洋沖地震による利根川下流低地の液状化被害発生地点の地形条件と土地履歴。地理学評論，87，

128-142。

- 伊能忠敬研究会編（2018）：伊能忠敬日本列島を測る－忠敬没後二〇〇年－（前編）。伊能忠敬研究会。
- 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－最近200年間の国土変化に着目して－。地学雑誌，129，215-226。
- 上澤真平・山口直文（2014）：火山噴出物を用いた岩石海岸の侵食速度の定量化。地質学雑誌，120，281-285。
- 宇多高明・藤井政人・高橋 晃・伊藤克雄（1994）：海底掘削に伴う河口砂州の変形。海岸工学論文集，41，496-500。
- 海上保安庁（1987）：『海上保安の現況』海上保安庁。
- 金澤 敬（2000）：伊能図中図におけるずれに関する考察。地図，38(1)，13-20。
- 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。
- 小荒井 衛・中埜貴元（2013）：面積調でみる東京湾の埋め立ての変遷と埋立地の問題点。国土地理院時報，124，105-115。
- 小林哲夫（2009）：桜島火山，安永噴火（1779-1782年）で生じた新島（安永諸島）の成因。火山，54，1-13。
- 佐藤 浩（2000）：伊能図と帝国図との比較による富山海岸と豊前豊後海岸における江戸～明治の海岸線変化。地形，21，451-467。
- 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。
- 清水英範・布施孝志・森地 茂（1999）：古地図の幾何補正に関する研究。土木学会論文集，625，89-98。
- 清野聡子・宮武晃司・芹沢真澄・古池 鋼（2003）：江戸川河口デルタの人為改変と波・流れ環境の変化の数値的復元。海岸工学論文集，50，1186-1190。
- 芹沢真澄・宇多高明・宮原志帆（2016）：複数の州島の端部砂州の干渉と融合による地形変化の予測。土木学会論文集B3，72，I\_1000-I\_1005。
- 田中 圭・中田 高・松浦律子・田力正好・松田時彦（2018）：古地図・空中写真の解析による安政東海地震前後の富士川下流域の地形変化と蒲原地震山。地学雑誌，127，305-323。
- 塚本章宏・磯田 弦（2007）：「寛永後萬治前洛中絵図」の局所的歪みに関する考察。GIS－理論と応用，15，63-73。
- 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。
- 東京地学協会編（1998）：『伊能図に学ぶ』朝倉書店。

- 長澤桃子 (2007) : 江戸時代における東海道薩埵峠道の変遷について. 文化財学報, **25**, 21-29.
- 西村卓也・高松誠治・大口 敬 (2012) : GISを活用した東京の街路構造変遷に関する研究. 土木学会論文集D3, **68**, I\_407-I\_416.
- 野上道男 (2020) : 伊能忠敬による月食観測を用いた経度測定とその精度. 地学雑誌, **129**, 263-274.
- 菱山剛秀 (2017) : 地図投影法から見る伊能図. 地図情報, **37**(3), 8-11.
- 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.
- 平井松午編 (2019) : 『近世城下絵図の景観分析・GIS分析』古今書院.
- 平井松午・安里 進・渡辺 誠編 (2014) : 『近世測量絵図のGIS分析－その地域的展開－』古今書院.
- 藤井智康・長縄眞吾 (1995) : 汽水湖における水位変動に関する近似解法. 陸水学雑誌, **56**, 303-307.
- 星埜由尚 (2020) : 伊能忠敬全国測量の諸問題. 地学雑誌, **129**, 227-240.
- 保柳陸美編 (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.
- 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.
- 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.
- 渡辺一郎・横溝高一 (2015) : 伊能忠敬の第一次測量北海道図と最終伊能図(間宮図)の比較. 伊能忠敬研究, **75**, 1-19.

## Overlay Analysis of the Inoh's Map and the Present Map: Geographical Changes in Japanese National Land in the last 200 years

IWAI Yuki\* and MURAYAMA Yuji\*\*

\*JSPS Research Fellow, University of Tsukuba

\*\*Professor Emeritus, University of Tsukuba

This paper attempted to analyze the geographical changes in Japan over the last 200 years by superimposing the Inoh's map created in 1821 and the current map (GSI map) in 2020 using GIS. Specifically, we made the map showing the changes in the location and shape of roads, lakes, marshes, rivers, and islands. Then we explored the causes of these spatial changes. As a result of the overlay analysis, it was made clear that (1) by laying alternative roads, 24.7% of the roads measured by Inoh disappeared by now, which were distributed chiefly in mountainous areas, (2) the changes in the circumference and area of lakes were proportional to their size, but the factors of change differed between urban and rural/forest areas, (3) the movement of the river mouths in metropolitan areas was due to channel modification and renovation, while in non-urbanized areas it was mainly due to erosion and sedimentation, and (4) the effects of reclamation were significant for islands close to cities, and changes in the shape due to natural factors were more observed on small islands. These empirical results suggest that overlay analysis using GIS is a powerful tool in studying old maps.

**Keywords:** Inoh's map, roads, lakes, river mouths, islands, Japan