

考古遺跡周辺における地形環境のGISによる解析

— 浜の町遺跡と水城跡の事例 —

磯 望・黒田圭介¹⁾・宗 建郎¹⁾・西木真織²⁾

下山正一³⁾・黒木貴一⁴⁾・後藤健介⁵⁾

Analysis of Topographical Environments by GIS in the adjacent areas
of the Archaeological Sites in Fukuoka Prefecture

— Case studies of Hamanomachi archaeological Site and Mizuki Ruin —

Nozomi Iso, Keisuke Kuroda¹⁾, Tatsuroh Soh¹⁾, Maori Nishiki²⁾,
Syoichi Shimoyama³⁾, Takahito Kuroki⁴⁾ and Kensuke Goto⁵⁾

I GISによる地形環境解析の意義

考古学的調査で見出された遺跡・遺構や史蹟の形成時の立地環境を検討するための一つの重要な手法は、埋没した遺構面とその周辺の微地形を発掘調査から復元して、遺構面形成当時の地形の状況を復元する手法がある。しかし、現実には遺構面が同時期面を示す鍵層（火山灰層などのイベント性堆積物など）に覆われていない限り、実際には特定の時代の地形復元は困難である。磯ほか（1998）では、博多遺跡群の遺構面と自然堆積層境界の高度を解析し、遺構形成期の地表高度を求めて、遺構面の立地した地形環境を推定する手法を実施した。この方法は狭い範囲で多数の遺構が発掘され、かつ自然堆積層（箱崎砂層）の上限が明瞭に観察できる初現遺構という条件を限定して、時代別に遺構初現

¹⁾西南学院大学非常勤講師 ²⁾磯研究室研究補助員 ³⁾九州大学大学院理学研究院

⁴⁾福岡教育大学 ⁵⁾長崎大学熱帯医学研究所

時の立地地形環境や海岸線位置の推定がある程度可能になったものである。しかしこのような密度の高い考古学的調査は、必ずしも一般的な調査で得られるとは限らない。

そのため次善の策として、なるべく古い年代の地形図や空中写真などから地形情報を読み取り、自然地形に最も近い地形と見なす方法が一般には行われてきた。ここでは、この方法に類似するが、高い精度で遺構面の周辺の地形環境を推定するために、最近の地形図等から GIS ソフトを利用して DEM データを取得し、遺構面周辺の微地形の状況をビジュアルに示す方法を適用した事例を紹介する。ただし、これらの解析に利用した地形図等は、最近の地形図等であり、実際の遺構面形成時の遺構面形成後現在までの地層や地形の変化を無視した手法であり、実際の遺構形成当時の地形環境をそのまま示してはいない。このため、実際の地形環境イメージを補足する程度に利用し、遺跡調査を継続的に実施する際のヒントとして利用していただくことが望ましい。

このような問題はあるものの、GIS を利用すれば、正確な位置を図示できること、地形図等を利用した DEM データの作成が比較的簡便に実施できること、地形の立体的表示も容易に行えることなどの特性がある。このため考古学的調査を俯瞰して遺構の立地条件を検討する目的の調査では、地形図等から GIS ソフトを利用して地形環境解析をする手法を用いることで、従来の空中写真と地形図を利用した地形判読手法よりも高い精度で地形環境解析を行える可能性が生じつつある。

もちろん GIS 解析によって示すことのできる地形環境情報は、地形図や空中写真や海図などの作成した時に得られた情報に限られる。しかし、高度や土地利用境界などの地形環境情報や、地形境界や遺構発掘地点などの位置情報を高精度で表示することができ、最新の地図との重ね合わせが正確に実行できるという特性があるため、人工的な地形改変が進む都市周辺地域では、都市化以前の時期の地形を復元し、その地形から遺構形成期の地形環境について推定するためには有効な手法となる。

ここでは、高度と位置情報の得られる地形図や海図等から、GIS を利用して実際にどのような地形環境調査が可能であるかを、福岡市周辺の 2 つの事例

で検討した結果を紹介する。それらは、福岡市中央区浜の町遺跡の遺構を利用して、遺構面形成時期の海岸線イメージを解析した事例、および、太宰府水城跡周辺の微地形、とりわけ水城堤の前面および後面に位置する濠と御笠川との関係について検討した事例である。

II 浜の町遺跡と 8,000 年前の福岡湾周辺の海岸線の検討

① 浜の町遺跡の発見とその地形環境的意義

浜の町遺跡は、福岡市中央区の浜の町公園内で 2008 年に福岡市警固断層調査検討委員会が実施したトレンチ調査の際に発見された遺構である。トレンチ調査結果は、福岡市警固断層調査検討委員会（2009）に報告されており、その詳細についての内容記述はここでは省略するが、浜の町遺跡の発見は、この調査で、基盤岩となる古第三系の野間層の上限高度のずれが警固断層の位置や変位に関連する地質断面を見いだせるかどうかを確認する目的で、地表から 9 m 前後の深さまで本格的な掘削調査が行われたことが遺跡の発見に繋がった。

トレンチ調査地点は、昭和初期に埋め立てられるまでは博多湾の海域であった地域である。地表から、深さ約 4.0 m（海拔約 -1.8 m）までは、埋立てに伴う廃棄物・海浜砂・埋土などから構成される。これより下位の地表から約 4.0~7.6 m（海拔約 -1.8~-5.4 m）までは、自然堆積層である博多湾シルト層が堆積し、貝化石およびアナジャコ巣穴生痕が密に見出される海成堆積物からなる。浜の町遺跡は博多湾シルト層の下位、地表からの深さ約 7.6~8.0 m（海拔 -5.4~-5.8 m）の層準に出現する。福岡市教育委員会の調査で、この地層には縄文時代早期の塞ノ神式土器（約 7,000~7,500 年前）が含まれる貝塚であることが確認された。また炉跡と思われる表面の焼けた痕跡のある石や黒曜石片なども含まれておりよく利用された生活面が存在したことが確認される。

遺跡を含む地層の下限は浸食作用を示す数十 cm の凹凸が認められ、警固断層の上盤側（西側）は古第三系野間層を直接覆うが、警固断層下盤側は陸成層の住吉層下部（その最上部の C¹⁴年代は約 8,000 年前と判定した）である。また、浜の町遺跡形成以降には、この地点で警固断層が活動した形跡は地層からは見いだせなかった。

浜の町遺跡は、海進堆積物に覆われた貝塚遺構であることから、遺構の形成時には海岸線に極めて近い位置にあったことが想定される。また警固断層の上盤側の野間層は固結した岩盤からなり、断層下盤側の砂泥互層からなる住吉層は軟弱な堆積物からなる。遺構は両基盤をまたいで分布しており、岩盤と砂泥互層の基盤岩石の硬さなどの性質の相違を巧みに利用して形成されたものであろう。

完新世海面変動の研究者間では、約 8,000 年前以降に後氷期の温暖化が急速に進み、海面上昇速度が速まったとする見解が一般に知られてきた（井関弘太郎、1977 など）。最近でも、太田ほか（2008）が佐渡島で 8,000 年前～7,000 年前の間に急速に海進が進行した事例を指摘している。浜の町遺跡の遺構面は凹凸に富み、8,000 年前以降に急速に進んだ海進のラビンメント堆積物としての様相も示している。ここでは、完新世海進の加速する直前の遺構として浜の町遺跡を位置づけ、海進の加速直前と考えられる約 8,000 年前の博多湾の海面位置を浜の町遺跡の調査結果から海拔約 -5.5 m と想定できると判断して作業を行った。

GIS ソフトを利用してその時期の海岸線のイメージを現在の海図（海底地形図）の -5.5 m 等深線を用いて示して、浜の町遺跡と同様の遺跡の分布する海岸線のイメージを地図化して作成した結果を報告する。

②福岡湾（博多湾）の -5.5 m 高度で示す約 8,000 年前の海域イメージ作図

福岡湾（博多湾）周辺海域の等深度線図の作図には、2003 年海上保安庁発行博多湾周辺 5 万分の 1 海底地質図を用いた。

使用した GIS ソフトは ArcView 9.1 である。対象地図をスキャナーでスキャンし、デジタル画像とした。今回は 300 dpi の解像度でスキャンし、tif 形式で保存した。この画像を GIS に読み込み、これに幾何補正をおこない座標を与えた。ArcGIS のエクステンションである ArcScan を用いて、デジタル画像（ラスターデータ）からラインフィーチャ（ベクターデータ）を生成し、このラインフィーチャに標高値を入力した（図 1）。

全ての標高値を入力した後、地形の三次元形状の表示に適した tin を作成し、8,000 年前の海岸線と推定される標高 -5.5 m と現在の海岸線である標高 0

m \sim -5.5 m の範囲を目立つ色で着色した。この方法で作図したイメージ図を図 2 として示す。

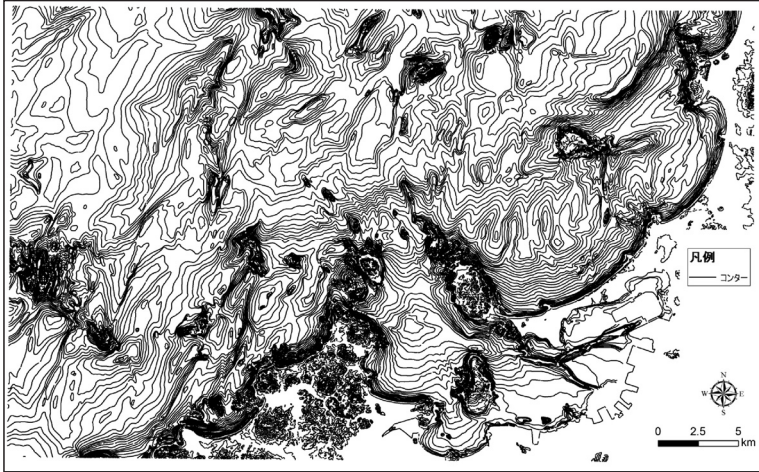


図 1 2003 年海上保安庁発行博多湾周辺 5 万分の 1 海底地質図の ArcScan によるラインデータ作成図

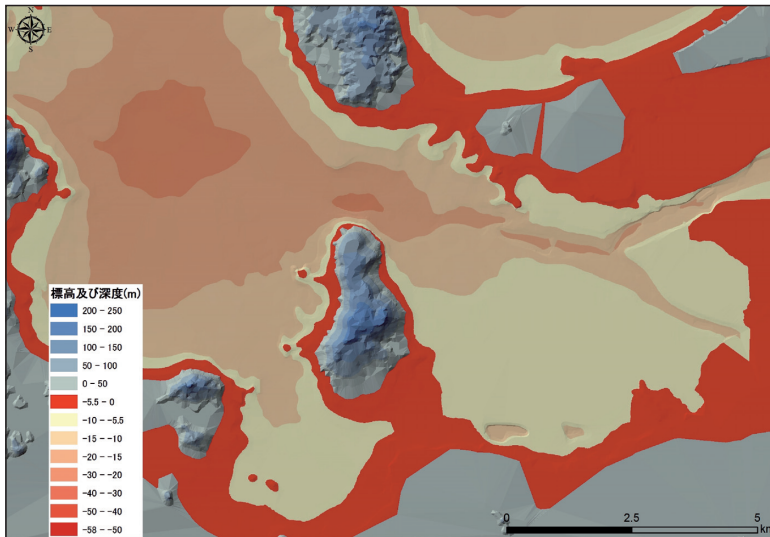


図 2 -5.5 m 高度で示す約 8,000 年前の福岡湾の海域イメージ
(海抜 0 m の表現が課題)

図2は図1で示した範囲のうち、浜の町遺跡に隣接する福岡湾周辺に限って図化したものである。しかし、最初に作成した図2では、海拔高度0mの等高線は、実際の海岸線と一致しておらず、その表示に大きな問題があることがわかる。海岸線に相当する高度0mを沿岸地域で表示しようとして、この方法で作図するときと同様の問題がしばしば生じてくる。この問題の生じる原因と問題解決のための操作を以下に検討し、修正した結果を提示することとした。

③沿岸地域のDEM作成における問題点と解決のための操作の方法

図2作成のために、ラインフィーチャに標高値を与えるにあたって、現在の海岸線を0mの等高線として値を入力した。つまり0mは現在の陸域と海域を分ける境界線として重要な意味を持つ。しかしDEMは地表面の標高データという面的データであるため、0mの値を持つ範囲も線ではなく面として存在する。一般に片方を陸域、他方を海域として等高線上に現れてくる地域に囲まれている場合、この0mの面の幅は非常に狭まり、限りなく線に近づく。

ところが沿岸地域には埋立地や砂州、砂嘴のように周囲に等高線間隔の制約から0m以上の等高線を持たず0m等高線に囲まれた平坦地や、浅瀬や潟地のように周囲に0m以下の等高線を持たず0m等高線に囲まれた海域が存在する。こうした部分は面的に広がる標高0m地帯として評価されてしまう。

本研究における福岡湾（博多湾）の海底地形図は0m以下-5.5mまでの範囲を8,000年前の陸域と現在の陸域との差異を示す地域としてまとめて表示することとした。そのため現在の陸域であれ海域であれ、0m地帯と評価された地帯はすべて現在の海域として評価されることになる。その結果、陸繋砂州である海の中道と今津の一部や埋立地のほとんどが図2では海域に含まれることになった。

そこで、海岸線が陸域と海域を分ける境界線として現れるよう、以下の操作を行った。まず資料として用いた地形図と比較して、陸域が海域として評価されている箇所の海岸線の陸域側に、資料のラスタ画像上の海岸線を外れない範囲でもう一本の海岸線をトレースした。その上で陸域側にトレースした海岸線に対して0.000001mの標高値を与えた。こうすることによって海域側の0m地帯は海域として、陸域側の0m地帯はデータ上0.000001m地帯の

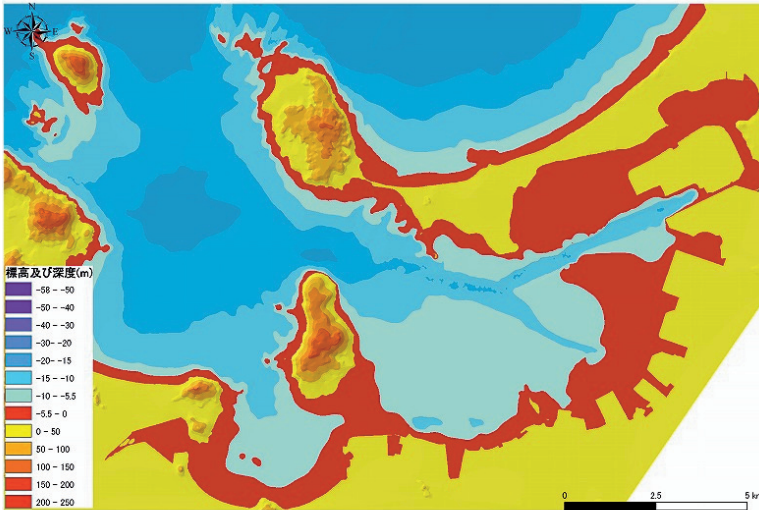


図3 -5.5 m 高度で示す約 8,000 年前の福岡湾の海域イメージ
(海拔 0 m を見やすく表示) (図示範囲は図 2 より若干広範囲)

陸域として評価され、現在の海岸線をデータ区分の境界線として表現することができた (図 3)。

④福岡湾 (博多湾) 周辺海図から作成した 8,000 年前海域イメージ

図 3 は、以上の操作で 2003 年海上保安庁作成海図から、-5.5~0 m の範囲の海底を強調して示した図である。この図は基本的には海図の等高線 (等深度線) を利用して、DEM データとして -5.5 m 等深度線を作図したデータである。もちろん、-5.5 m の深さに 8,000 年前の海岸線があったとしても、その後現在までの 8,000 年間に海底地形は、沿岸流や河川による堆積などの作用で大きく変化した可能性は少なくない。

また、福岡湾西部の博多湾部分では、水深の浅い博多湾内は、大型船舶を航行させるために人工的に掘削した航路を見ることができる。また、百道浜沖には、海岸埋め立てのための土砂採掘の結果を示す穴も認められる。

これらの問題も含め、図 3 は、現在の -5.5~0 m の範囲の海底地形を示したもので、8,000 年前に陸域となっていた可能性のある地域を拾い出しただけにすぎないが、当時の福岡湾は能古島が陸繋島化している可能性が認められる

こと、博多湾東部は広く陸化していた可能性があることなどが示され、示唆に富む図となっている。

福岡湾周辺の完新世最大の海進ラインについては、下山正一（1989）が詳細な試錐調査結果などを利用して、明らかにしてきた。その結果、完新世海進のピーク時には近代の自然海岸よりも内陸側に海域が広がったこと、それにもかかわらず、その時の福岡湾の海面高度のピークは海拔 0m 程度に留まることなどが明らかになっている。

GIS 解析では、現在の地形情報に依拠する限り過去を正確に復元する図は得られない。たとえば、岡村ほか（2009）は、西公園沖の博多湾内で、最近の 8,000 年間に 4 m 以上の層厚の堆積層が形成されたことを明らかにしている。博多湾内では 8,000 年間の堆積量は小さくなく、地域的にも大きな差異が生じる得る事実がある。このため実際の 8,000 年前の海域は、福岡湾内ではこの図の -5.5 m ラインより相当陸側に位置するものと考えられる。従ってこの方法はあくまで現在の地形から過去を類推するにとどめるべき図ということになる。

Ⅲ 太宰府水城跡周辺の地形イメージの GIS による検討

①水城跡の微地形検討の意義

国指定史跡である水城跡は 7 世紀後半に築堤され、鎌倉時代に元寇への防衛拠点として再整備されたことで知られている。水城は二日市低地帯を横断して築堤された土塁である（太宰府市史編集委員会、1999）。現在は中央部には御笠川が流れ、土塁の両側に御笠川水系の水を引き入れた水濠が形成されており、更に土塁の下には水を流す木樋があり、濠に水を流す構造を有していたことが明らかにされている。しかし水濠の範囲や構造については十分に明らかにされていない。

下山・磯（2009）は、水城周辺の地形・地質調査をもとに、水城東端付近から水城欠堤部（御笠川の洪水により水城堤の一部が侵食されている部分）を通り JR 水城駅付近の西側までは、御笠川沿岸の沖積低地で、一部は水城形成後数次にわたる洪水氾濫堆積物に覆われることを指摘した。また、水城駅付近西側から西門にかけては明らかに低地より高い台地に築堤されており、この部分



図4 1948年DEMデータにより3次元化して示したJR水城駅付近の水城堤画像是1980年代の国土地理院空中写真を利用して示している。水城堤は、図左側は御笠川沿岸低地に、図右側では台地上に形成されている。

の水城堤の一部はAso-4火砕流堆積物やこの火砕流に覆われたのち火砕流堆積物が侵食によって失われた洪積台地の上に形成されていることを指摘した。

図4は、後述する1948年当時のDEMデータに1980年代に国土地理院が撮影した空中写真を重ねて3次元化して示した（垂直倍率を水平倍率の5倍で表示）ものである。この図から、水城堤の西部（図の右側）は明らかに多少高い台地の上まで延長して形成されていることがわかる。この台地部分は、御笠川よりも西側丘陵地内のため池などを利用して濠の水を供給するシステム等を考慮する必要があることがわかる。

このように、水城跡周辺の地形図などから精密にDEM化して、GISで図化することができれば、水城跡周辺の微地形イメージを作り出すことができるであろう。その際に元になる地形データは、この地域の土地改変が進む以前のものを利用することが望ましいことになる。

②水城跡周辺のGISによる微地形解析

水城跡周辺で詳細な高度データの得られる地形図としては、太宰府市教育委員会（1989）が1948年撮影の米軍空中写真を利用して図化した地形図が最も

古い。この地図は戦後の圃場整備や宅地開発などの人工改変を行う以前の地形を示すものである。このためある程度まで意味のある水城堤の低地部分の自然地形を復元できた。

GIS化の際に使用したGISソフトはArcView 9.1である。まず、対象地図(米軍撮影空中写真から作成した縮尺5,000分の1地形図)をスキャナーで取り込み、デジタル画像とした。本稿では300 dpiの解像度でスキャンし、tif形式で保存した。この画像をGISに読み込み、幾何補正をおこない座標を与えた。なお、スキャンした地図画像は複雑であるため、ArcScanによる等高線で示されるラインフィーチャの自動的な作成は困難と判断されたので、ラインフィーチャの作成には、等高線をエディタ機能を用いて手入力でトレースし、標高値をフィールドに入力する手法を用いた。

標高値を打ち込み終えたラインフィーチャは、ジオメトリ変換ツールを用いてポイントデータに変換した。ポイントデータに変換することで、御笠川沿岸低地部のように等高線の入らないほぼ平坦地に記入されていた標高点のデータをポイントデータとして同時に扱うことが可能となった。このようにして取得

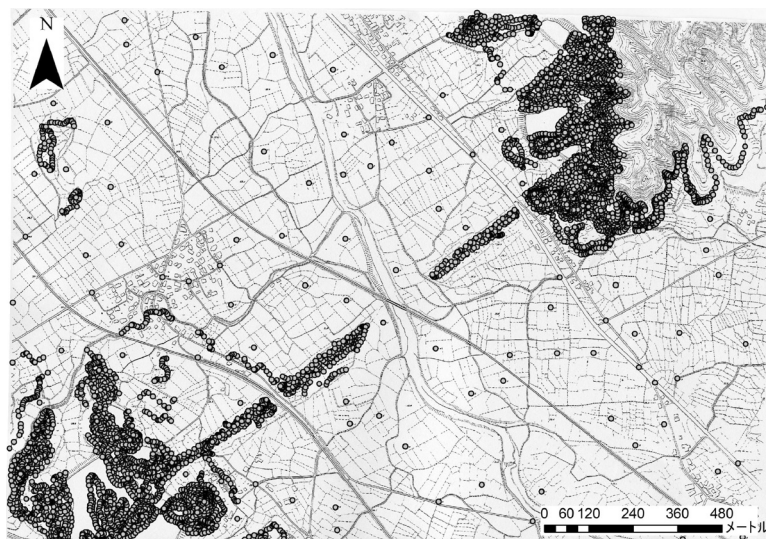


図5 水城周辺の1948年米軍写真から作成した地形図の等高線および標高点のデータを変換ツールでポイントデータに変換した地点位置(白丸で表示)

したポイントデータの位置を図5に示す。

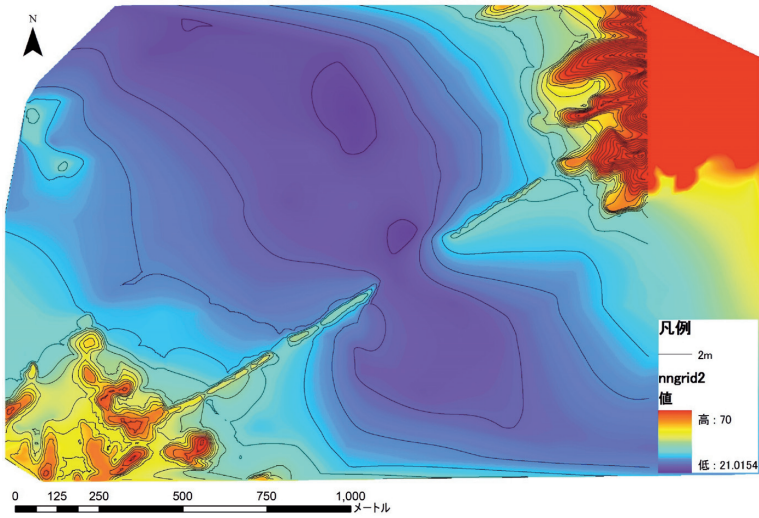


図6 水城付近の1948年DEMデータから作成した地形図(等高線間隔2m)

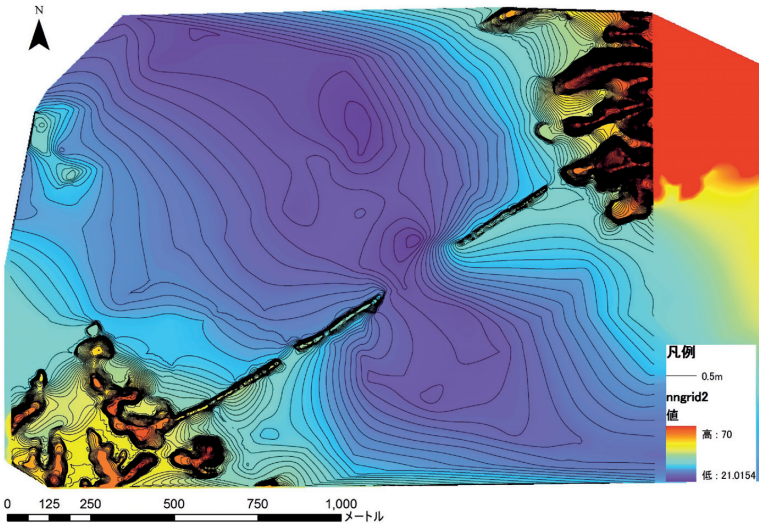


図7 水城付近の1948年DEMデータから作成した地形図
(等高線間隔50cm)

このようにして取得したポイントデータを Natural Neighbors 法で内挿して標高ラスタデータを作成した。今回は、セルサイズの 1 辺 10 m とした。この標高値を持ったラスタデータを ArcScan に読み込んで DEM を作成し、これから水城周辺の等高線データ（図 6・図 7）を作成した。図 6 は等高線間隔 2 m、図 7 は等高線間隔を 50 cm 間隔にしたものを表示している。

2 m 間隔等高線で示した図 6 では、水城堤の北側と南側にそれぞれ袋状に広がる低地を認めることができる。また、50 cm 間隔等高線で示した図 7 では、水城堤の南側および北側の双方で、堤に平行して低地を浅く広げたような地形が認められることが確認された。なお、御笠川的位置は図 6・7 の最も低所を流れている。しかし、御笠川流域低地では、洪水に伴う氾濫で水城濠の自然な埋め立てが進行したことが想定できる。従って水城築城当時は、低地部は御笠川から直接水を引き入れる形式の濠が水城堤の両側に設置されていた可能性が大きい。また、微地形の上からも水城堤の両側に濠が形成されていたとする従来の見解も、地形的には矛盾しないことになる。

図 4 と図 8 は、作成した 1948 年の DEM データを 1980 年代のオルソ化したカラー空中写真と重ね合わせて水城堤周辺を三次元表示したものである。図 4 は水城の欠堤部から西門付近、図 8 は二日市地溝帯の中の水城の全体像をそれぞれ水城の北側から南側を上空から俯瞰する角度にして示している。図 8 左端には 1948 年当時の丘陵地形が改変されて籬壇式の宅地に造成された結果が古

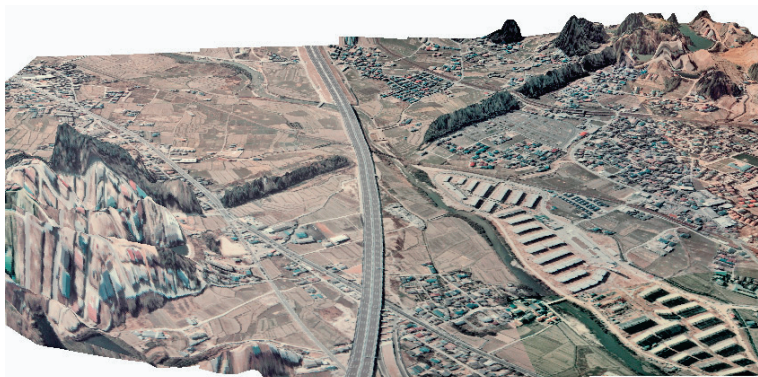


図 8 1948 年 DEM データと 1980 年代空中写真を合成して作成した水城および周辺地形の立体イメージ図。

い地形データと新しい空中写真データの合成として示されている。このように人工改変が進む地域では、GIS による位置データや DEM データの作成が、地形環境の変化を表現するうえで不可欠の技術となるであろう。

謝辞

本論文の作成に当たっては、福岡市史編集委員会、福岡市市民局消防防災安全課、福岡市警固断層調査検討委員会、福岡市教育委員会、九州歴史資料館、太宰府市資料館などの情報提供をはじめ多大な便宜を受けた。論文内容の一部は CSIS DAYS 2009（東京大学空間情報科学研究センター全国共同利用研究発表大会）で発表した。また、西南学院大学特別研究 C 「衛星データと空中写真データの反射率特性解析による土地被覆変化に関する研究」による援助も受けた。これらの関係機関の皆様から感謝いたします。

引用文献

- 太宰府市教育委員会（1989）太宰府条坊跡Ⅴ—昭和 23 年の太宰府一、太宰府市の文化財、第 13 集。
- 太宰府市史編集委員会（1999）太宰府市史環境資料編、521p. 太宰府市
- 福岡市警固断層調査検討委員会（2009）警固断層に関する調査報告書、浜の町公園トレンチ調査結果、本文 15 p. 図表 16 p.
- 磯望・下山正一・大庭康時・池崎譲二・小林茂・佐伯弘次（1998）博多遺跡群をめぐる環境変化—弥生時代から近代まで、博多はどう変わったか—、小林茂・磯望・佐伯弘次・高倉洋彰編「福岡平野の古環境と遺跡立地」、p.69-112、九州大学出版会。
- 井関弘太郎（1977）完新世の海面変動、日本第四紀学会編「日本の第四紀研究」、p.89-97. 東京大学出版会。
- 岡村真・松岡裕美・中島徹也・中田高・千田昇・平田和彦・島崎邦彦（2009）博多湾における警固断層の活動履歴、地震第 2 輯、61 巻、p.175-190.
- 太田陽子・松原彰子・松島義章・鹿島薫・叶内敦子・鈴木康弘・渡辺満久・澤祥・吾妻崇（2008）佐渡国中平野南西部における沖積層のボーリング調査

による古環境と地殻変動、第四紀研究、47 卷、3 号、p.143-157.

下山正一（1989）福岡平野における縄文海進の規模と第四紀層、九州大学理学部研究報告（地質学）16 卷、1 号、p.37-58.

下山正一・磯望（2009）水城の地形・地質環境、九州歴史資料館編「水城跡下巻」、p.249-260.

西南学院大学人間科学部児童教育学科