

地震防災のための GIS による地域情報化の研究

— 福岡県西方沖地震と警固断層の検討事例 —

磯 望・宗 建郎¹⁾・益田俊郎²⁾・岡村亜矢³⁾・井上文和⁴⁾・
黒木貴一⁵⁾・後藤健介⁶⁾・黒田圭介¹⁾

Regional Information Studies

to Diminish the Next Earthquake Disaster by Using GIS

—A Case Study of the West-off Fukuoka Earthquake Damages and Kego Active Fault—

Nozomi Iso, Tatsuroh Soh¹⁾, Toshiroh Masuda²⁾, Aya Okamura³⁾,
Fumikazu Inoue⁴⁾, Takahito Kuroki⁵⁾, Kensuke Goto⁶⁾, and Keisuke Kuroda¹⁾

1. はじめに

福岡県西方沖地震は、平成17年（2005年）3月20日、福岡市西区志賀島北端付近から北西方向に約30kmの長さで玄界灘地下に伸びる断層によって引き起こされたものである（国土地理院，2005）。福岡県西方沖地震の起震断層の南東延長部には、博多湾を経て、福岡市中央区から筑紫野市に伸びる活断層である警固断層が位置し、地震発生当初から警固断層の次の活動との関連が注目されてきた（産総研・活断層研究センター，2005）。

警固断層の最終活動時期と活動間隔については、現在も福岡市警固断層調査検討委員会（委員長；磯望）において調査検討中であるが、文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）は、2007年1月1日時点での今後30

1) 西南学院大学人間科学部非常勤講師 2) 上天草市立棚底小学校

3) 福岡市立千早小学校 4) 西南学院大学人間科学部児童教育学科学生

5) 福岡教育大学 6) 長崎大学熱帯医学研究所

年以内の警固断層における地震（以下警固断層地震と称す）発生確率を0.3%～6%と予想しており、今後も警戒すべき高い水準にある。

このため、警固断層地震を中心とした震災の防止ないしは減災のために、GIS情報化など、なるべく高い精度で災害の生じうる場を特定し、被害の予測を行い、対策に資することが望まれる。

この論文では、そのための事例研究として、福岡県西方沖地震の際に発生した噴砂や噴水などの液状化現象の発生位置を空中写真で調査し、GISソフトやフォトショップソフトを利用して地形図上に示すことを試みた。また、旧版地形図などの時代を異にする地形図をGISソフトで重ね合わせ、旧海岸線の位置や液状化地点などの関連性を高精度で検討し、さらに埋立地の新旧と液状化の程度との関連性などを検討して、次の地震への対応に資することとした。なお、この作業は、博多湾東部と中西部とに分けて進行させ、かつ解析手法も異なるため、本論文では両地域を分けて調査結果を検討することとした。

また、警固断層周辺では、今までに想定されている断層通過位置をGISによって地形図上に記入し、その周辺の市街地化のおよその年代と市街化地域を空中写真と地形図を合成する方法で求めた。これによって昭和55年（1980）年以前の旧耐震基準に基づく都市化地域の範囲をイメージすることを試みたが、入手できた空中写真の撮影年次が少しづれるため、厳密な解析とはなっていないことはお断りしておく。

次いで、警固断層通過想定線に幅500mのバッファを設けて、その範囲内にある地震関連公共施設の位置をGIS上で正確に抽出することを試みた。ここでは、地震災害の避難先として利用されやすい学校の位置と病院の位置を抽出した。

断層の両側500mのバッファを設定した理由は、この精度であれば、地表付近で枝分かれした部分まで含めて警固断層の位置を確実にカバーできる範囲と想定したためである。実際に警固断層地震が生じた場合には、地震断層の出現やこれに伴う被害の帯状に集中する場所は、この範囲内に限られるものと想定している。

福岡市内を通過する警固断層については、福岡市断層調査研究会（2001）によってあらかじめ詳細な試錐調査資料が収集されている。ここでは、そのデー

タを利用して警固断層周辺の基盤地形の3次元表示を試みた。この方法で、警固断層周辺の基盤地形が復元できるほか、避難施設等のうち、基盤の厚さと地震避難先の施設位置の関係を直接確認することが可能になる。

以上の調査検討の方法とその結果を中心に、地震防災に関連する詳細な地域情報化の中間的な作業事例と情報化の意義等を報告する。

2. 液状化現象と海岸線変化の歴史的情報

2.1. 調査対象地域と調査方法

調査は東区の多々良川河口から中央区荒津大橋にかけて（調査地区1）と早良区菰川河口から西区マリノアシティ福岡付近まで（調査地区2）の2地区に分けて行った（図1）。

調査地区1は箱崎ふ頭、東浜、中央ふ頭、那の津といった埋立地から構成される。箱崎ふ頭は主に商業用地として利用されている。運輸業の倉庫や食品関係の工場のほか、自動車工業、クリーンパーク臨海やリサイクルプラザなどの施設と、業種は多岐にわたる。東浜は同様に商業用地として中央卸売市場や西

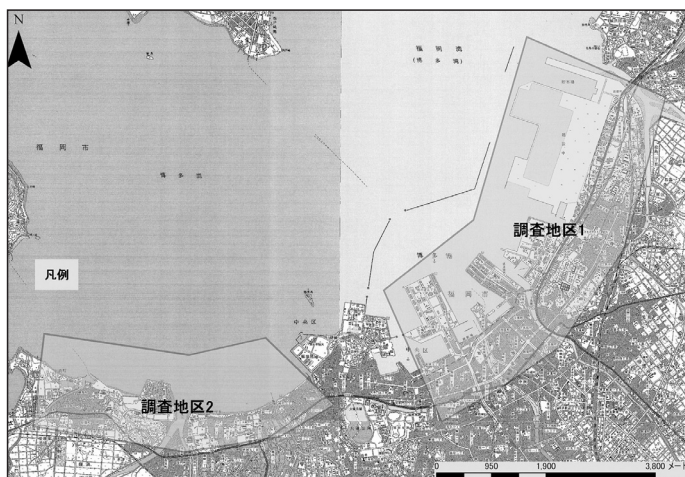


図1 液状化地点の調査地区

基図は平成10・16・17（1998・2004・2006）年の2万5千分の1地形図（「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」）。

部ガス、水産加工センターなどが立地する。中央ふ頭は博多港国際ターミナルなど海の玄関口としての港湾施設と、マリンメッセ福岡、福岡国際会議場などの文化施設が立地する。那の津は運輸業の倉庫や食品加工業の物流センターが立地する商業用地として機能している。昭和 50 年代にはその主要部分の埋め立ては完了しており、福岡の物流の中心地といえるだろう。

一方の調査地区 2 は平成元年に開催されたアジア太平洋博覧会の会場跡地を中心とした一帯であり、調査地区 1 に比べて新しい埋立地である。土地利用も福岡ヤフージャパンドームや福岡タワー、福岡市総合博物館などの文化施設や多数の公園、分譲マンションと戸建て住宅の居住地区で構成されており、土地利用の面でも調査地区 1 とは大きく異なっている。

調査方法の基本は現在の地形図に、福岡県西方沖地震直後に撮影された当該地域の空中写真を重ね合わせ、空中写真上から液状化現象に関連する噴砂・噴水現象を判読し、その地点をポインティングした。調査地区 1 では総計 34 ヶ所の液状化に伴う噴砂・噴水現象が確認された。なお、液状化現象とは地震によって一時的に地盤が弱くなり、建築物を支えることが困難になるため建築物が土中に沈み込んだり倒壊したりする現象と、間隙水圧上昇により水が砂と共に地表に噴出する現象（噴砂・噴水）等があるが、空中写真からは建造物の倒壊や沈み込みを判別することは難しい。今回液状化地点としてリストアップしているものは主に噴砂が見られた地点である。

調査地区 1 については GIS ソフトである ArcView（以下特別なことわりなく GIS ソフトと表記した場合はこのソフトウェアを示す）を用いて作業を行った。現在の地形図にジオリファレンス機能を用いて緯度と経度の座標を与え、平面直行座標系に投影した。その地形図と空中写真の同一地点が重なるように同じジオリファレンス機能で幾何補正を行った。

調査地区 2 については画像処理ソフトである PhotoShop を用いて現在の地形図に、空中写真の同一地点が重なるように変形をして重ね合わせを行った。平坦地であれば空中写真のゆがみも少なく、一般的なソフトウェアでも比較的容易に作業が可能であるということが確認された（GIS ソフトを直接用いた場合との正確な誤差や地形による差異に関しては今後の課題としたい）。この

重ね合わせ画像を用いて液状化現象に伴う噴砂・噴水の生じた地点をポイントイングし、GIS ソフトに読み込み、ポイントデータにした。

これらの液状化地点と埋立地との関係を見るために、海岸線の変化の情報を地形図から作成した。作成した年代は明治（明治 33（1900）年・正式 2 万分の 1 地形図）、大正（大正 11（1922）年・2 万 5 千分の 1 地形図）、昭和初期（昭和 11（1936）年・2 万 5 千分の 1 地形図）、昭和中期（昭和 44（1969）年および 47（1972）年・2 万 5 千分の 1 地形図）、昭和後期（昭和 59（1984）年・2 万 5 千分の 1 地形図）、平成（平成 10・16・17（1998・2004・2005）年・2 万 5 千分の 1 地形図）で、それぞれ地形図をスキャンして GIS ソフトに読み込み、緯度と経度を与えて投影した。その後、年代毎に海岸線をトレースしてポリゴンファイルを作成した。

液状化地点のポイントデータと海岸線のポリゴンデータを重ね合わせ、それぞれのポイントが存在する地点が陸地である最も古い年代をその液状化地点の年代として分類して集計を行い、埋立地が形成された年代と液状化の関係について考察を行った。

2.2. 液状化現象による福岡市内の被害の概要

2.2.1. 調査地区 1 における液状化による被害

箱崎ふ頭周辺では名島弁天橋の西側、箱崎ふ頭 4 丁目、クリーンパーク臨海やリサイクルプラザ近くの空き地（駐車場）では水の噴出が見られ、汐井公園向かい側、箱崎ふ頭 1 丁目でも同様の現象が見られた。また、箱崎ふ頭 1 丁目の市青果上屋博多港青果センター前、箱崎ふ頭 5 丁目の初村第一倉庫の敷地内では噴砂が見られた。

東浜周辺では西部ガスの敷地内外で噴砂が見られ、埋立地以外にも福岡都市高速道路 1 号線を挟んで東側、東浜 1 丁目の福岡市立福岡中学校のグラウンドで 2 ヶ所の水の噴出が確認された。

博多ふ頭周辺ではマリメッセ福岡の敷地内と那の津大橋近くの道路の 2 ヶ所で水の噴出が見られた。特にマリメッセでは岸壁部分のブロック舗装面に亀裂や陥没が生じている（空中写真からは判読できなかった）。亀裂はほぼ東

西方向に伸びており、陥没箇所は深さ約 2 m、直径約 5 m、短径約 2.5 m であった（磯ほか，2005）。

また、数ヶ所において噴砂跡が確認された。これらの影響で大型イベント施設であるマリンメッセ福岡の基礎部分に亀裂が生じたほか、附近のモニュメントにもずれが生じるなどの被害が出ている。

2.2.2. 調査地区 2 における液状化による被害

調査地区 2 においては 57 ヶ所の液状化現象が確認された。早良区のシーサイド百道海浜公園と西区のマリナタウン海浜公園の両方で、海浜部と道路の境界で列状に液状化現象が確認できる。このほか、地行中央公園や福岡タワー周辺、百道中央公園、百道浜小学校、姪浜中学校などで多数の液状化現象が確認できる。

渡辺ほか（2005）によれば、この地区では年代が異なる埋立地の境界や、旧堤防位置など、圧力を解放しやすい物性境界での噴砂噴水が多く見られたという。このほか、公園や学校の校庭など地表の舗装状態の違いも液状化に影響を与えていると思われる。そのような液状化現象の物理的側面に関する詳細は他稿に譲り、ここでは概観にとどめたい。

2.3. 液状化地点と埋立地の年代

地形図から、明治、大正、昭和初期、昭和中期、昭和後期、平成の海岸線をポリゴンデータで作成し、これを 10 m メッシュに変換して調査地区内の面積をメッシュ数から計算した。ある年代の面積からその前の年代の面積を引くことで面積の増加を計算し、埋め立てによる陸地の増加を算出した（表 1・図 2）。

表 1 陸地面積の増減

単位: m²

調査範囲	明治	大正	昭和初期	昭和中期	昭和後期	平成	総計
調査地区 1		503600	884200	4332800	388500	498100	6607200
調査地区 2		146100	53100	174900	249900	2230000	2854000
総計		649700	937300	4507700	638400	2728100	9461200

調査範囲の年代毎の陸地面積から、それ以前の面積を引くことで算出した。年代毎の埋立地の面積を示す。明治期は初期値〈埋め立て以前〉のため空欄となっている。



図 2 液状化地点と海岸線の変化

表 2 埋立年代別の液状化地点数

調査範囲	明治	大正	昭和初期	昭和中期	昭和後期	平成	総計
調査地区 1	2	1	1	26	1	3	34
調査地区 2	1				1	55	57
総計	3	1	1	26	2	58	91

年代毎に区分した陸地での液状化の地点数をカウント。

陸地面積の増加は調査地区 1 で 6,607,200㎡，調査地区 2 で 2,854,000㎡であった。調査地区 1 は昭和中期に，調査地区 2 は平成に，それぞれ最も面積が増加している。割合は調査地区 1 で昭和中期に 65.58%，調査地区 2 で平成に 78.14%増加しており，二つの地区をあわせると，増加面積は 9,461,200㎡，昭和中期に 47.64%，平成に 28.83%が増加している。

液状化地点は総計で 91 地点あり，調査地区 1 が 34 地点，調査地区 2 が 57 地点であった（表 2）。調査地区 1 は昭和中期に形成された地区で 26 地点が，調査地区 2 は平成に形成された地区で 55 地点が観測されており，それぞれ面積が大きな範囲で多くの液状化が確認されるという結果となった。しかし液状化が確認された地点の年代に大きな偏りがあり，埋立地の年代によってはほとんど液状化が観測されていない。そのため面積が大きいほど液状化地点が多くな

るといふ単純な相関関係なのか、そうではないのかについては明示的ではない。

調査地区1と調査地区2では埋立地の面積に2倍以上のひらきがあり、調査地区1のほうが大きな面積を持っている。それにもかかわらず調査地区2において調査地区1の約2倍の液状化地点が確認されている。このことは面積が大きければ液状化地点が多いというわけではないこと、つまりは液状化が埋立地で一様に起きているのではないことを示している。

上述のように調査地区1と調査地区2とでは埋立地の形成年代に大きな差異がある。調査地区1は昭和中期に最も大きな範囲が形成され、調査地区2は平成の段階で最も大きな範囲が形成されている。また、調査地区1においても、数こそは少ないものの、昭和中期に次ぐ数の液状化地点が平成の範囲で確認されている。このことから昭和後期以後、平成にかけて埋め立てが行われた地域で液状化が起りやすいという可能性が示された。一方で何㎡に1ヶ所の液状化地点があるかという液状化密度を算出したところ、調査地区1では最も液状化地点が多く観測された昭和中期と平成との間で液状化の密度はほぼ同じ数値を示した(表3)。このことは単純に埋め立ての年代が新しければ液状化が起りやすいというわけではないことを示している。形成年代の違いがどのようなメカニズムで液状化の起りやすさと関係しているのかは今後の課題である。

ここで問題としたいのは明治期にすでに陸地であり、いわゆる埋立地ではないと思われる地区で3ヶ所の液状化が確認された点である。これらの地点についてさらに検討を加える。

まず調査地区2における明治に分類された液状化地点は室見川河口に位置しており、明治33年の地形図では河口に砂州が大きく発達している(図3)。この地点は時代が下り、昭和中期には一度海岸線の境目になっている(図4)。

表3 液状化密度〈面積／液状化地点〉 単位:㎡／地点

調査範囲	明治	大正	昭和初期	昭和中期	昭和後期	平成	全体
調査地区1		503600	884200	166646.2	388500	166033.3	194329.4
調査地区2					249900	40545.45	50070.18
総計		649700	937300	173373.1	319200	47036.21	103969.2

年代毎の埋立地の面積をその範囲内での液状化地点数で除した。何㎡に1ヶ所の液状化が起っているかを示す。

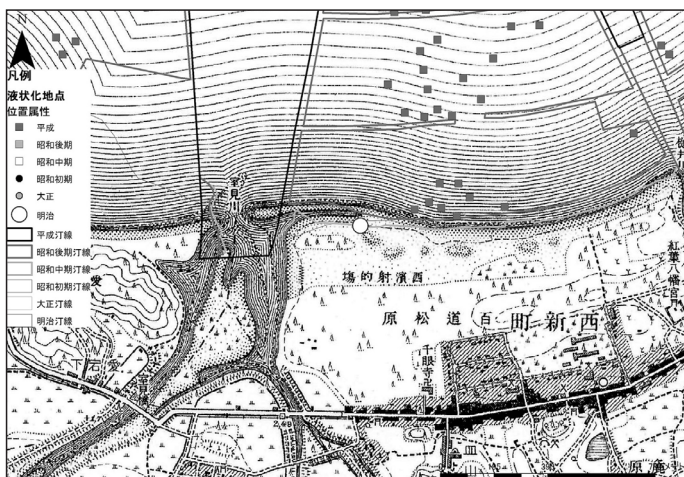


図3 明治期の百道付近

明治33〈1900〉年の2万分の1地形図「福岡」に年代ごとの海岸線と液状化地点を重ね合わせたもの。

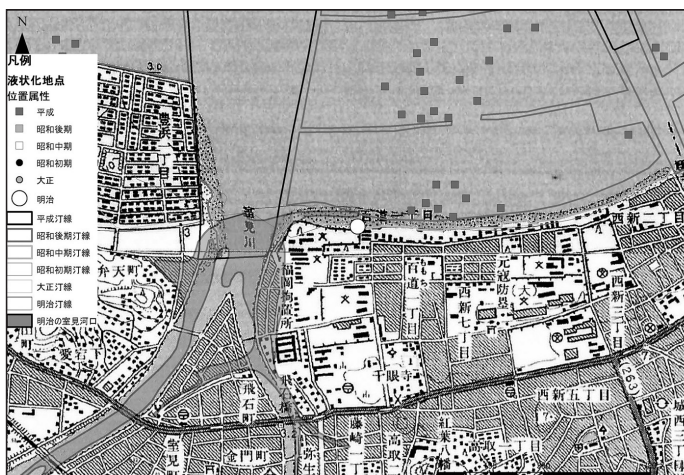


図4 昭和中期の百道付近

昭和47〈1972〉年の2万分5千分の1地形図「福岡」に年代ごとの海岸線と液状化地点を重ね合わせたもの。また、明治期の室見川の河川域を着色してある。

つまりは室見川河口付近の海岸は河川の整備が行われる中で浸食が進み、明治期には陸地であった所が、昭和中期には一度海となり、その後改めて埋め立てが行われた。今回液状化現象が確認されたのは、そのような地点であった。

次に調査地区1における問題の地点は、福岡市立福岡中学校グラウンドの2ヶ所である(図2参照)。現在の福岡中学校の周辺には大型ショッピングセンターや国道、九州大学の医学部及びその付属病院などが位置しているが、古くからある建造物としては崇福寺がある。明治33年の地形図では問題の地点は陸地であるが、この崇福寺の北面に砂州で囲まれた湖がある(図5)。

『福岡市史 第一巻 明治編』に、明治29年第13回市会の議案として、石堂川河口の直線化についての議案が見られる。つまりはこの湖はかつての石堂川の河口と河口干潟の跡であり、この明治の地形図ではすでに埋め立てが行われていると思われる、大正の地形図ではすでに埋め立てが完了している。

さらにさかのぼって『福岡御城下絵図』(元禄12(1699)年)を見ると、明治の地形図と同様図中に崇福寺が見える(図6)。その北面に河口があり、さらに奥まで河口干潟が入り込んでいることが確認できる。つまりは近代の埋め



図5 明治期の石堂川河口

明治33(1900)年の2万分の1地形図「博多」・「箱崎」に年代ごとの海岸線と液状化地点を重ね合わせたもの。また大正期の陸地部分を着色している。ここから石堂川河口付近の潟湖が大正期には完全に埋め立てられていることがわかる。

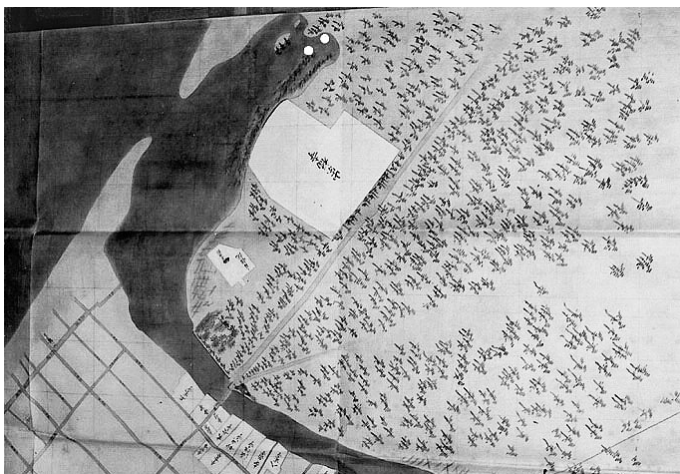


図6 『福岡御城下絵図』と液状化地点

元禄12(1699)年の『福岡御城下絵図』の石堂川河口付近。石堂川は河口にむかって大きく東へ湾曲しており、さらに奥に河口干潟の存在が確認できる。白丸は液状化地点のおおよその位置。

立て以前に陸地化していた地点でも、近世の干拓や河口干潟の変化など、液状化が起こる可能性を持つ軟弱な地盤の地点が存在するということが確認された。

このように、液状化の起こりやすさを検討するための基礎情報として、古い地形図などを用いた過去の地域情報が必要である。現在の地図上での検討では問題が見えないところにおいても歴史的地理的情報によるその土地の形成過程を含めて検討することによって地震対策の必要性が見えてくる。これは液状化に限らず、たとえば地震による地滑りなどについても、住宅地などの形成以前の地形を含めて検討することが重要な意味を持っている(村山, 2007)。

3. 警固断層と周辺の「都市化」

3.1. 調査方法

警固断層は福岡県西方沖地震の震源となった断層を含む警固断層帯の南東部を構成する断層で、福岡平野を北北西-南南東に縦断する西側隆起の活断層であり、その北端博多湾から南端が筑紫野市に至る。この警固断層は地下に存在し、地表面に現れていない伏在断層の部分が長く、正確な断層位置を特定する

ために様々な調査が行われた。

福岡市域の警固断層は福岡市街地の真下に存在しており、地表面には多くの建造物が存在する。そのため断層線をまたいでの特レンチ調査といった大規模な調査を行うことは難しく、主にボーリング調査によって断層位置の推定がなされてきた。しかし平成 11 (1999) 年度および平成 12 (2000) 年度に福岡市地下鉄 3 号線の工事に伴い、薬院地区で特レンチ調査が行われ、この断層北部の詳細な通過位置が判明した (福岡市断層調査研究会, 2001)。断層南部は平成 8 (1996) 年に太宰府市大佐野地区で特レンチ調査が行われ、その断層位置が確認された (下山ほか, 1999)。また、福岡市断層調査研究会 (2001) では海域調査も行われ、警固断層が博多湾内部にまで延びていることが確認されている。また、2005 年度以降、産総研活断層研究センターによる上大利などの特レンチ調査が行われた。

ここまでの調査によって数地点において断層の通過位置が確認されているが、断層位置の線的情報としては複数の推定線が描かれてきた。本研究では『福岡地盤図』(1981)・『九州の活構造』(1989)・『1/5 万 地域地質研究報告』・『1 : 25000 都市圏活断層図Ⅲ X』(1996) を資料として用いた。GIS ソフトによって座標を与えて投影した 2 万 5 千分の 1 地形図上にこれらの資料にある警固断層の推定線を描画した。なお、下山ほか (2005) で指摘したように、警固断層が地表近くで枝分かれしている場所もあり、これらの断層推定線は、分岐した断層の一部をとらえている可能性もある。

続いて警固断層周辺の土地利用の経年変化を調査するために、資料として空中写真を利用した。利用の容易さという点から、国土地理院がインターネットで公開している昭和 23 (1948) 年米軍撮影による空中写真と、国土交通省国土計画局総務課国土情報整備室がインターネットで公開している昭和 49 (1974) 年撮影のオルソ化空中写真を資料とした。

まず警固断層推定線を撮影した昭和 23 (1948) 年米軍撮影空中写真をインターネットからダウンロードし、GIS ソフト上に投影した現代の地形図と、同一地点であることが明確である地点が重なるように幾何補正を行った (図 7)。次にこの範囲に重なる昭和 49 年 (1974 年) 撮影空中写真をダウンロードした。

こちらはオルソ化が行われており、位置情報も持っているため座標系の指定を行って GIS ソフトに読み込んだ。

これらの空中写真および現在の地形図によって土地利用の経年変化の調査を

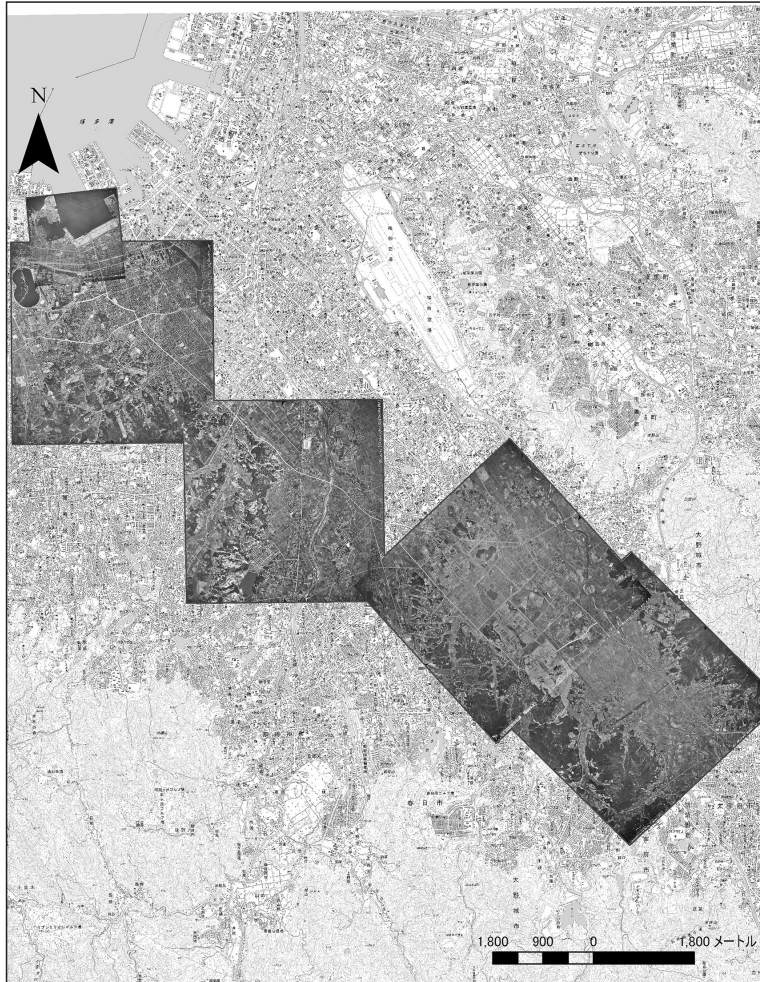


図7 警固断層周辺の「都市化」の調査範囲と空中写真

基図は2万5千分の1地形図「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」・「不入道」・「太宰府」・「二日市」〈平成10・13・16・17年〉。昭和23〈1948〉年の米軍撮影空中写真を重ね合わせてある。

行うが、地震によって倒壊など直接的に人的被害につながりやすい建造物など人工物が存在するところを市街地として GIS ソフトでトレースし、各年代での市街地の拡大を便宜的に「都市化」として扱った。地震対策の地域情報としての都市化はこういった建造物の存在域のみではなく、建造物の種類や都市空間の垂直的拡大、人口密度や中夜間人口、居住者の年齢などを含めた属性など多角的な視点から考えられるべきものではあるが、それらの詳細な調査に関しては今後の課題としたい。

本研究においては都市化の詳細情報の中から、病院と学校の位置について取り上げた。学校は周囲の人口が多いところに多数存在するため人口の集中を示す一つの指標になりうる上に、災害時の避難場所として重要である。また普段は子供たちが多数集まる施設であるため地震対策に特に注意を必要とすると考える。また、病院も災害時に負傷者の救助など重要な施設として機能することが望まれる。そこでこれら 2 種類の施設のうち、警固断層推定線に近接したものを抽出した。

まず、GIS ソフトで作成した警固断層推定線から近接の目安として 500 m の範囲を示すためにバッファリングを行った。そして 2 万 5 千分の 1 地形図上でその範囲に含まれる学校と病院を地図記号から見つけ出してポイントデータを作成した。病院に関しては 2 万 5 千分の 1 地形図では示されていないものも多いため、インターネットによって情報を補完した。

3.2. 空中写真を利用した第二次世界大戦後における警固断層周辺の「都市化」状況

図における「都市化」区域は、

- ①一般宅地、学校など、昭和 23（1948）年米軍撮影の空中写真から判断して建造物などの人工物と認められるものが存在する区域を「昭和 23 年既存都市区域」、
- ②昭和 23 年時点では水田、畑、森林、水域などの建造物が見られない区域で、昭和 49（1974）年撮影空中写真では建造物がある区域に土地利用が変化した区域を「昭和 23-49 年都市化区域」、

③以上までの段階で建造物が確認されなかった区域で、現在の2万5千分の1地形図において建造物のある区域に土地利用が変化した区域を「昭和49年-現在都市化区域」として作図を行った。

3.2.1. 昭和23年既存都市区域

昭和23(1948)年時点での既存都市区域を10mメッシュに変換し、面積を計算すると9,467,900㎡であった(図8)。中央区港の海岸線が昭和49年や現在に比べて南よりであり、まだ埋め立てが行われていない。同様に、現在の中央区那の津3丁目も当時は海面である。前章の調査地区では、港湾部の埋め立ては昭和中期と平成にかけて大きく進展している。本章の調査地区内においても例外ではなく、この時点では港湾部の埋め立ては現在に比べて進展していない。

現在の都心部とその周辺地区は戦争による傷跡が残っているが、本研究では市街地の中心部から外方への拡大を測定するために、あえて戦災による空閑地

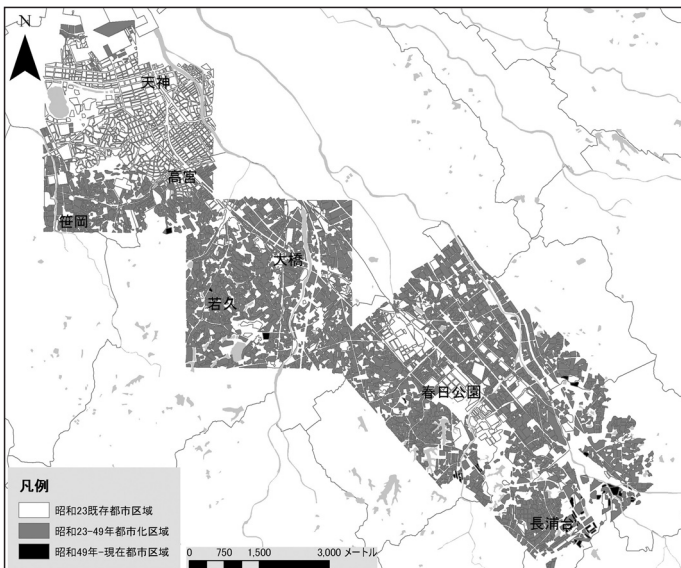


図8 警固断層周辺の「都市化」

基図は2万5千分の1地形図「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」・「不入道」・「太宰府」・「二日市」〈平成10・13・16・17年〉。

を市街地としてとった。ここでは、港湾部が現在の姿とは大きく異なっているのとは対照的に、すでに市街化が進展しており、西は中央区荒戸から東は中洲まで、そして南は中央区草香江、六本松、谷、桜坂、浄水通、平尾、市崎、高宮1丁目、那の川まで、すでに現在とほぼ代わらない区画整理がなされており、建造物が判読される。

その他昭和23年既存都市区域としては、まばらではあるものの現在の県道31号線が春日市春日公園付近まで続く大きな幹線道路となっており、その周辺に建造物が確認できる。目立った市街地としては野間四ッ角周辺、大橋4丁目、三宅1丁目、井尻5丁目、横手3丁目から日佐1丁目にかけて、さらに春日に入って、大和町5丁目の現在の陸上自衛隊福岡駐屯地周辺、春日公園周辺にまとまって建造物が見られる。また、若干ではあるが、南区塩原1丁目、高木1丁目など那珂川沿いにまとまった市街地が見られ、そのほかは田園に囲まれて分散した集落が見られる程度である。

昭和23年時点では、福岡市中心部の市街地を除くと未開発な区域が多く、南区高宮から南にかけては平野部における田畑の割合がとて高い。また、鴻巣山や春日丘陵など、平野に比べて相対的に標高が高い地区はほぼ手つかずの森林や原野である。

3.2.2. 昭和23-49年都市化区域

昭和23(1948)年から昭和49(1974)年にかけて「都市化」した区域は18,539,200㎡で、昭和23年既存都市区域に比べて約196%の増加である(図8)。建造物が存在する領域としては現在とほぼ代わらないほどに広がっている。市街地は春日市や太宰府市、筑紫野市の広範囲に広がっており、急速な都市化が進展したことが伺える。また中央区港とその北の荒津の埋め立て、中央区那の津3丁目から5丁目の埋め立ても完了しており、陸地も増加している。

北部では城南区別府団地、田島1丁目、4丁目、中央区笹丘1丁目などが田畑であったところが「都市化」した。そこから東に、中央区輝国1,2丁目、笹岡2,3丁目、小笹1~4丁目、平和1~5丁目、平尾5丁目、市崎1丁目、高宮4丁目、多賀1,2丁目は鴻巣山丘陵の一分であり、森林などであったところが切り開かれて「都市化」している。その北西側丘陵で最も標高が高いところに南

公園と福岡市動植物園ができています。

中央部では南区野間から春日市須久南地区に至るまで、昭和 23 年にまばらに市街地が存在していたものが、ほぼ全域にわたって建造物が広がっている。その中でも、南区野間 2 丁目、筑紫丘 2 丁目、若久団地、南大橋 2 丁目、和田 2～4 丁目にかけては鴻巣山より南東に位置する丘陵が「都市化」している。一方で南区の場 1,2 丁目と野多目 2,4 丁目には現在まで続く水田区域が多く、周辺とは対照的である。

南部においては、陸上自衛隊福岡駐屯地周辺や春日公園周辺の田畑はほとんどが「都市化」している。この区域の地形的特徴として春日丘陵と四王寺山に挟まれた平野であることが挙げられるが、その平野部には福岡市から九州南部へと続く幹線道路や、JR 鹿児島本線、西鉄天神大牟田線などが通っており、福岡市中心部への交通アクセスも良く、平野部のみならず春日丘陵へも「都市化」区域が広がっている。春日市若葉台や紅葉ヶ丘、大野城市南ヶ丘、緑ヶ丘、太宰府市青葉台、長浦台など新興住宅団地が多数立地している。一方で太宰府市には水城跡周辺や国分地区など現在まで続く水田区域も隣接している。

3.2.3. 昭和 49 年-現在都市化区域

昭和 49 年-現在都市化区域の面積は 254,100 m²で、前段階に比べてわずか 0.91%の増加にすぎない（図 8）。ほとんどは新たに丘陵などを切り開いたものではなく、既存の空き地などに新たに建造物ができたものである。

ここまで見てきたように警固断層周辺は現在市街地である地区の大半において昭和 49（1974）年までに整備されている。この地区は昭和 40（1965）年頃までは福岡市中心部における戦災復興と住宅不足に対する公営住宅の供給が主ではあるが、福岡都市圏南部、春日市における土地区画整理事業と公営住宅建設が計画される。昭和 40 年代前半には JR 鹿児島本線の電化によって住宅地は拡大し、民間開発業者による住宅供給が強化される。また、九州縦貫自動車道、国道 3 号線南バイパスなどの道路計画も住宅地の拡大に寄与した。そのためこの時期には春日市、大野城市で 5 年間に約 1 万人の人口増加を見ている。昭和 40 年代の後半には太宰府市と筑紫野市で 5 年間に約 1 万人の人口増加がみられ、大規模住宅団地の供給もピークを迎える。その後、昭和 43（1968）

年の新都市計画法や、昭和 50 年代からの各市町村での住宅開発抑制政策のため、大規模な住宅開発は終息に向かい、市街地の拡大も小さくなっている。

つまりは警固断層周辺の市街地は旧都市計画法の下で開発された地区を多く含んでいる。今回の調査ではその後の再開発については調査を行っていないため、この地区に現在も古い街区が残っていたり古い建造物が多く残いたりするということを直接的には意味しない。しかしながら、災害時倒壊の危険性が高い古い建造物や、緊急時の避難経路や緊急車両の通行のための道路としては適さない狭い街路が広範囲に残されている可能性が示されており、詳細な調査が今後必要であることが判明した。

3.3. 地形図を利用した警固断層周辺（500 m 圏内）の学校と病院

バッファによる警固断層推定線から半径 500 m 周辺の範囲に位置する学校の数 は 50 校であった（表 4・図 9）。また同範囲における病院の数は 20 件であった。病院に関しては、小規模な医院などを含めるとさらに数が増えると考えられるが、利用した地形図と地図から調査したところこのような結果となった。そのためか、学校と病院の数では学校数が病院の 2 倍を超える結果となっている。

学校の分布は大まかに見るとやや福岡市域に集中し、その他の区域においては均等に分布している。前節に述べたように、警固断層沿いの区域は大半が市街地と化しているため全体に学校が均等に分布したものとおもわれる。

病院の分布は福岡市域に圧倒的に集中している。人口が多いため当然の結果だと考えられるが、警固断層が福岡市域で伏在している性状から考えると、注意が必要である。さらに病院の中には、福岡都市圏において有数の大病院も多数含まれていることがわかった。

これらの学校、病院は、想定される警固断層地震が生じた場合には、避難や救急の拠点となる必要が高い。しかし、断層位置に近いことから、これらの建物位置が断層をまたがないように建てるという配慮や、建物の耐震性の向上がこれからも求められるものと思われる。今後はこれらの学校・病院の改修等には、耐震性の一層の向上や、断層位置の詳細調査などが望ましく、公共性を考

表 4 警固断層周辺〈500 m〉の学校・病院

種類	名 前	行政域	種類	名 前	行政域
学校	警固小	中央区	学校	筑紫丘高	南 区
学校	警固中	中央区	学校	筑紫丘中	南 区
学校	高宮小	中央区	学校	W大学	南 区
学校	赤坂小	中央区	学校	W高	南 区
学校	大名小	中央区	学校	W中	南 区
学校	T高	中央区	学校	日佐小	南 区
学校	T中	中央区	学校	F高	南 区
学校	舞鶴小	中央区	学校	野間中	南 区
学校	福岡中央高	中央区	病院	N病院	南 区
学校	平尾小	中央区	病院	Y病院	南 区
学校	簀子小	中央区	病院	K C病院	南 区
病院	K病院	中央区	病院	T病院	南 区
病院	I病院	中央区	病院	C病院	南 区
病院	O病院	中央区	病院	F A病院	南 区
病院	S病院	中央区	学校	春日高	春 日 市
病院	A病院	中央区	学校	春日東小	春 日 市
病院	H病院	中央区	学校	春日東中	春 日 市
病院	J病院	中央区	学校	春日北小	春 日 市
病院	F C病院	中央区	学校	春日野小	春 日 市
病院	F T病院	中央区	学校	春日野中	春 日 市
病院	Y H病院	中央区	病院	自衛隊 福岡病院	春 日 市
学校	横手小	南 区	病院	W病院	春 日 市
学校	横手中	南 区	病院	T S病院	春 日 市
学校	玉川小	南 区	学校	九州大学 筑紫地区	大野城市
学校	九州大学 芸術工学部	南 区	学校	大和利小	大野城市
学校	K短大	南 区	学校	大和中	大野城市
学校	高宮中	南 区	学校	筑紫中央高	大野城市
学校	高木小	南 区	学校	水城西小	太宰府市
学校	三宅中	南 区	学校	大宰府西小	太宰府市
学校	春吉中	南 区	学校	大宰府西中	太宰府市
学校	J短大	南 区	学校	福岡農高	太宰府市
学校	西高宮小	南 区	学校	天拝小	筑紫野市
学校	大楠小	南 区	学校	天拝中	筑紫野市
学校	D高	南 区	学校	武蔵台高	筑紫野市
学校	D大学	南 区	病院	K T病院	筑紫野市

行政区域および種類〈学校・病院〉で整列。公立施設以外の名称はここでは公表を控えた。

慮すると行政的にも支援をすることが望まれる。

3. 4. 地震災害の防災マップとしての GIS 情報化の意義

近年、地震災害を含めた防災マップの作成が盛んである（林ほか、2007 など）。特に阪神大震災以降防災マップの作成と災害危険地域の調査と対策は行政上の重要性が高まっている。

ここまで見たように、比較的入手が容易な資料から地震対策のための基礎的な情報を作成することができる。インターネットで利用可能な空中写真や2万5千分の1地形図は現在とても容易に入手することができる。

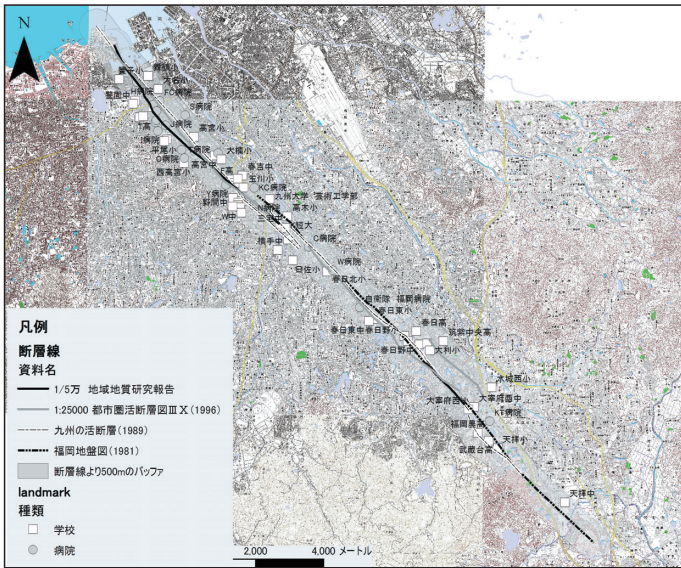


図9 警固断層周辺の学校と病院

基図は2万5千分の1地形図「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」・「不入道」・「太宰府」・「二日市」〈平成10・13・16・17年。重なり合いのために名前が表示されていない学校、病院がある。警固断層周辺〈半径500m〉の学校、病院名は表4を参照。

こういった資料をGISにのせることによって地震対策のための情報を精密に取り出すことができる。今回の手法のようにGISでは多様な資料を重ね合わせ、異なる資料から同一の規格で情報を作成し、距離や面積といった空間的な情報を付加することで新しい情報を作成することができる。また、異なる計画のもとで作成された情報も、GIS上で作成されたものであれば容易に重ね合わせて新しい主題図を作成することもできる（この点に関しては次章において事例を示す）。

現在GISはソフトウェアも使用するための技術もまだまだ一般的であるとは言いが、行政におけるGISの導入は進みつつある。さらに一般化が進めば、行政市町村のレベルや小中学校区レベルでのローカルな防災マップ作成や、それら異なる地域で作成されたローカルな複数の防災マップをまとめて大きな防災マップを作成するなど、有効な活用方法は多数存在すると思われる。

4. 三次元表示による地震関連情報の可視化

4.1. 調査方法

これまで、警固断層の位置の推定のために多数のボーリング調査が利用されてきた。このボーリング調査によって福岡市の市街地北部における完新世地層の変化や基盤までの深さのデータが得られている。ここでは昭和 40 年から平成 9 年までに実施された福岡市域のボーリングデータをもとに、福岡市域における警固断層とその周辺の基盤地形の形状の調査を行った (図 10)。

資料としては、『福岡市市民局 第 5 次警固断層調査業務委託報告書』(福岡市断層調査研究会, 2001) の「平成 8 年度収集資料」と「平成 9 年度収集資料」にあるボーリングデータ一覧表を用いた。この二つの資料には合計 552 本のボーリングデータが記載されているが、その中で位置が判明した 507 本について GIS ソフトにポイントデータとして入力を行った。

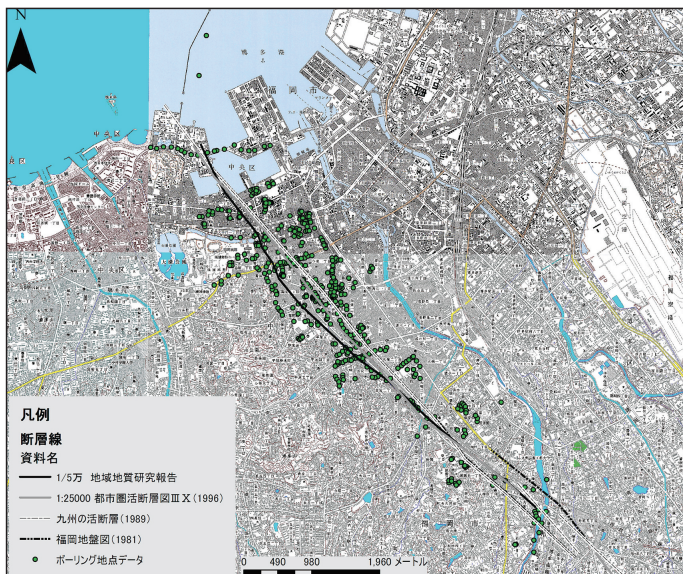


図 10 ボーリング調査地点の分布

基図は 2 万 5 千分の 1 地形図「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」・「不入道」・「太宰府」・「二日市」〈平成 10・13・16・17 年〉。

この資料には各ボーリング調査毎に標高、調査深度、岩着深度が記載されており、入力したポイントデータにも、これらの数値データを入力した。標高は基準海水面からの地表面の高度を示しており、ここから岩着深度を引けば基盤岩の標高が得られる。ただし、データの中には標高が示されていないものもあり、これらについては標高を0 mとして扱った。また、岩着深度は調査深度の範囲内で基盤岩に達した深さを示している。そのため調査深度が浅く基盤面まで達していないボーリングデータも存在する。その場合は岩着深度の代わりに調査深度を標高から引いた値を基盤岩の標高とした。

これらのポイントデータの基盤岩の標高をもとに、GISソフトによってNatural Neighbors法によって内挿して基盤岩の標高のラスターデータを作成した。これを周辺地形の標高データや前章の病院、学校の位置データなどと重ね合わせを行うことで、警固断層の位置や、この断層による地震災害の危険性について視覚的に把握しやすい図の作成を試みた。

4.2. 警固断層周辺基盤地形の三次元表示

基盤地形図の作成によって、警固断層推定線を挟んで西側の基盤に比べて東側の基盤が低くなっていることがわかる(図11)。これによって現在推定されている警固断層の位置の中で、『1:25000 都市圏活断層図ⅢX』(1996)、『九州の活構造』(1989)、『福岡地盤図』(1981)と、ボーリングデータから作成した基盤地形との間の整合性が確認できる。

また、従来の研究において指摘されている警固断層東側の天神凹地と呼ばれる基盤の急涯も確認された。さらにその南部の高宮5丁目から大楠3丁目にかけても基盤の急涯が見られる。ただし、この東側基盤にはいくつかの凹凸が見られる。これにはボーリングデータのすべてにおいて標高や岩着深度が示されておらず、前述のように便宜的に他の数値で補完したことが少なからず影響していると思われる。

本研究における福岡市域の基盤地形図の作成によって、基盤地形の高低差の状況が明示的に示すことができる。図12は基盤地形と周辺の地表面の地形を重ね合わせ、斜めから北西方向を見たものである。このような表現によって鴻

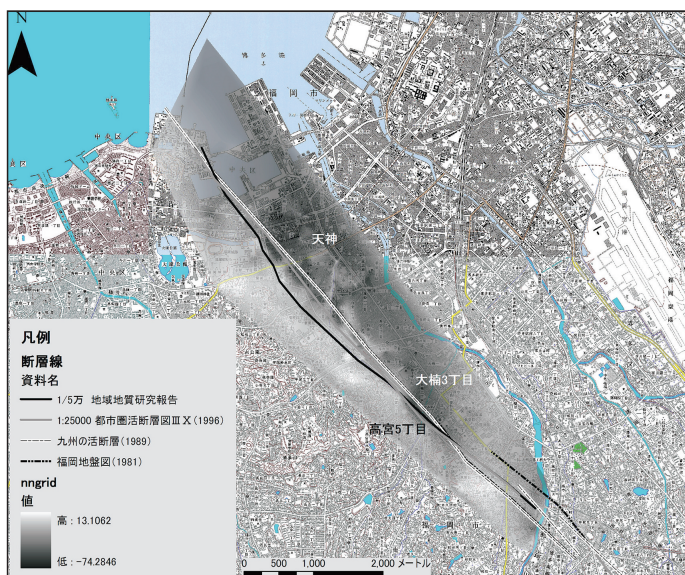


図 11 警固断層周辺の基盤地形

基図は 2 万 5 千分の 1 地形図「福岡」・「福岡南部」・「福岡西部」・「福岡西南部」・「不入道」・「太宰府」・「二日市」(平成 10・13・16・17 年)。Natural Neighbor 法によって作成した基盤地形 (nngrid) と重ね合わせてある。基盤地形の標高が低いほうが色が濃くなっている。

巢山丘陵や那珂川と、警固断層による基盤のずれとの関係性が平面的な表現に比べて把握しやすくなっている。

この基盤地形図には、前章で扱った警固断層から半径 500 m 以内の学校と病院を示すポイントデータが重ね合わせてある。これによって断層に近いだけでなく、基盤が沈み込んで堆積層が厚く覆っている地盤の上に建てられた施設の様子が視覚的に確認できる。これらの三次元表示した位置情報から、警固断層地震に対する避難先や医療施設の耐震化の必要性がより明瞭に見えてくる。

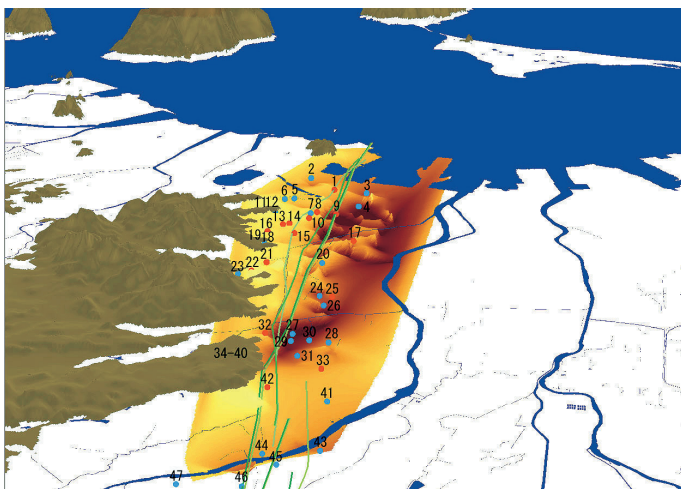


図 12 基盤地形と警固断層周辺の学校と病院

Id	種類	名前	Id	種類	名前
1	病院	H病院	25	病院	F A病院
2	学校	箕子小	26	学校	大楠小
3	学校	舞鶴小	27	学校	F高
4	学校	大名小	28	学校	春吉中
5	学校	赤坂小	29	学校	D高
6	学校	警固中	30	学校	D大学
7	学校	警固小	31	学校	玉川小
8	病院	K病院	32	病院	Y病院
9	病院	F C病院	33	病院	K C病院
10	病院	A病院	34	学校	筑紫丘高
11	学校	T高	35	学校	W大学
12	学校	T中	36	学校	J短大
13	病院	F T病院	37	学校	W高
14	病院	Y H病院	38	学校	W中
15	病院	J病院	39	学校	筑紫丘中
16	病院	I病院	40	学校	野間中
17	病院	S病院	41	学校	九州大学 芸術工学部
18	学校	福岡中央高	42	病院	N病院
19	学校	平尾小	43	学校	高木小
20	学校	高宮小	44	学校	三宅中
21	病院	O病院	45	学校	K短大
22	病院	T病院	46	学校	横手小
23	学校	西高宮小	47	学校	横手中
24	学校	高宮中			

福岡市周辺の標高データ〈2万5千分の1GISMAPの10mメッシュDEM〉と基盤データ、警固断層周辺の学校と病院を重ね合わせたもの。高さは5倍に強調してある。図中の数字は上記の表のID番号と対応している。このリストは図中に含まれているもののみ。学校、病院の中には地形的に山陰に隠れているものもある。そのため34-40は番号を正確な位置に示せなかった。なお公立施設以上は名称を記号化して示す。

5. まとめ

福岡県西方沖地震は、その直接的な被害に関する多数の調査研究がなされただけでなく、遠からず来るであろう警固断層地震に対する大きな関心も喚起した。予想される災害に対する備えのために、その基礎となる情報の収集と分析が必要である。

今回の調査によって以下の点が明らかになった。

- (1) 液状化による被害は、埋立地の形成年代によって差異があることが明らかになった。またその発生地点は戦前期の埋立地や、浸食による海岸線の後退部分、近世の河口干潟にまで及ぶことが明らかになった。
- (2) 警固断層周辺の市街地は戦後から昭和 49 (1974) 年までに大部分がすでに形成されていたことが明らかになった。このことは警固断層周辺に古い建造物や緊急時の避難や緊急車両の通行に適さない狭隘な街路が存在する可能性を示している。
- (3) 警固断層から半径 500 m 以内という近接地帯に多数の学校や病院が存在することが明らかになった。こういった施設は災害時に被災者の保護や救助のための拠点として重要な施設であり、よりいっそうの災害対策が必要である。

こういった災害に対する基礎データを GIS 上で作成することによって、その他様々なデータとの重ね合わせが容易になる。本研究のように空中写真や旧版の地形図との重ね合わせから液状化と埋立地の関係について明示することで、埋立地以外の事例というものについてより深く追求することもできる。

また、GIS による立体表示は文字通り従来とは異なる視点から災害に対する情報を示すことができる。これは新たな発想への足がかりとなるほか、専門的な知識がなくても視覚的に図を理解することができるため防災に対するイメージを広く共有するためには有効な手段である。

地震対策は行政の多数のセクションが関わりを持つだけでなく、行政に限らない多様な知識や情報、たとえば本研究のように歴史的地理的な情報や、本研究では十分にはカバーできなかった地形的情報、地質的情報、人文的情報が必

要である。また、そうして集められた情報は行政だけでなく、広く地域住民の間で共有され、理解されることが必要である。こうした情報を効率よく統合し、提示するために、GISによる地震対策の地域情報整備を進めていくことが今後必要である。

6. あとがき

本論文の作成に当たっては、福岡市警固断層調査検討委員会、福岡市建築物耐震対策検討委員会での協議が大いに参考となった。また、松田時彦東京大学名誉教授や九州大学大学院理学研究院下山正一助教からは、液状化や断層位置に関するご教示を得た。埋立地の液状化率については、太田陽子横浜国立大学名誉教授より研究上の重要な示唆をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

なお、本研究は、西南学院大学児童教育学科磯ゼミナールの2007年卒業論文である井上文和・岡村亜矢「博多湾岸沿岸の海岸地形変化の研究」(A4版手書77p.)および益田俊郎「GISソフトを利用した警固断層周辺の土地利用と基盤地形」(A4版手書117p.)をもとに、新たに整理したデータを加えて作成したものである。両卒業論文の作成は宗建郎が中心的なアドバイスをを行い、黒田圭介が補助的なアドバイスをした。また、黒木貴一と後藤健介の現地調査などの成果を利用した。本論文は、磯が全体の構成を行い、宗建郎が中心となって取りまとめたものである。

本論文の骨子は、宗建郎・益田俊郎・岡村亜矢・磯望・黒木貴一・後藤健介(2007)「福岡市西方沖地震の噴砂と警固断層周辺の土地利用のGISによる検討」、『日本地理学会発表要旨集』, no.71. p.235としてポスター発表した。

参考文献および資料

- 磯 望・後藤健介・黒木貴一・陶野郁雄・太田陽子・中村広幸・黒田圭介・西木真織・本末順子(2005) 「現地調査から見た福岡県西方沖地震被害の特徴」、『西南学院大学人間科学論集』1-1, p.61-103
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊(1994) 『福岡地域の地質

- 1/5 万 地域地質研究報告』, 地質調査所, 192p.
- 九州活構造研究会 (1989) 『九州の活構造』, 東京大学出版会, 553p.
- 国土地理院 (1996) 『1:25000 都市圏活断層図Ⅲ X』
- 国土地理院 (2005) 「福岡県西方沖を震源とする地震に伴う地殻変動 (第一報)」筑波研究学園都市記者会 (配布資料)
- 産総研・活断層研究センター (2005) 「福岡県西方沖地震による応力変化と余震活動の予測」 AFRC 2005/3/28, http://staf.aist.go.jp/s-toda/Fukuoka/Fukuoka_dcff
- 下山正一・松田時彦・千田 昇・杉山雄一・磯 望・松村一良・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典 (1999) 「警固断層, 大佐野地区 (福岡県) でのトレンチ調査報告」, 『活断層研究』, 18, p.55-64
- 下山正一・磯 望・松田時彦・市原季彦・千田 昇・岡村 眞・茂木 透・鈴木貞臣・落合英俊・長沢新一・今西 肇・川畑史子・矢ヶ部秀美・樗木政昭・松浦一樹 (2005) 「警固断層, 薬院地区 (福岡市) でのトレンチ報告」, 『活断層研究』, 25, p.117~128
- 宗 建郎 (2006) 「太宰府市域土地利用の経年変化の特徴」, 『衛星データによる土地被覆の季節的変化と経年的変化の比較研究』, 平成 16 年度~平成 17 年度科学研究補助金 (基盤研究 (c) 一般) 研究成果報告書, p.17~27
- 林 紀代美・青木賢人 (2007) 「地域環境特性に基づいた住民に対する防災教育支援 — 2007 年能登半島地震での津波対応状況を踏まえて —」, 『日本地理学会発表要旨集』, 72, p.150
- 福岡市断層調査研究会 (2001) 『福岡市市民局 第 5 次警固断層調査業務委託報告書』
- 福岡市地盤図作成グループ (1981) 『福岡地盤図』, 九州地質調査協会
- 福岡市役所 (1959) 『福岡市史 第一巻 明治編』
- 村山良之 (2007) 「地形改変地における地震に対する土地条件」, 『日本地理学会発表要旨集』, 72, p.134
- 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査会 (2006) 「警固断層帯の評価 (案)」

120 磯 望・宗 建郎・益田俊郎・岡村亜矢・井上文和建・黒木貴一・後藤健介・黒田圭介

渡辺公一郎・下山正一・田口幸洋・山中寿朗・市原季彦・石橋秀巳・塚野香織
(2005) 「2005年福岡県西方沖地震に伴う博多湾余震域の地盤災害」,
『NDIC NEWS』, 33, p.46-50

西南学院大学人間科学部児童教育学科