

現地調査から見た福岡県西方沖地震被害の特徴

磯 望¹⁾・後藤健介¹⁾・黒木貴一²⁾・陶野郁雄³⁾・太田陽子⁴⁾
中村広幸⁵⁾・黒田圭介⁶⁾・西木真織⁷⁾・本末順子⁷⁾

Observation of Damage Characteristics

Caused by the West off Fukuoka Earthquake on March 20th 2005

Nozomi Iso, Kensuke Goto, Takahito Kuroki, Ikuo Tohno, Yoko Ota,
Hiroyuki Nakamura, Keisuke Kuroda, Maori Nishiki, Junko Honmatsu

I 福岡県西方沖地震の特徴

1) 体感した福岡県西方沖地震の振動と被害

福岡県西方沖地震は、2005年3月20日10時53分に発生した福岡県西方沖の北緯33.7度、東経130.2度、深さ9kmを震源とするマグニチュードM_j=7.0の地震である(気象庁発表暫定値⁸⁾)。マグニチュードについては、当初九大観測所はM=6.4とし、米国地質調査所(USGS)は、M=6.4、モーメントマグニチュードM_w=7.0と発表した。東大地震研究所はM_w=6.6(いずれも暫定値)と発表した。また、観測された震度は、震度6弱が福岡市東区・同中央区・前原市・佐賀県みやき町で出現し、震度5強は福岡市西区・同早良区・須恵町・新宮町・粕谷町・久山町・確井町・穂波町・志摩町・二丈町・大川市・

久留米市・佐賀県上峰町・同県七山村・長崎県壱岐市など、博多湾岸を中心とする玄界灘沿岸から筑紫平野にかけての広域に及んだ。

この地震を福岡市内で体感した多くの人が、地鳴りを伴う震動から始まり、数秒後から支えなしでは立って歩けないほどの強い横揺れを感じた。地鳴りについては、博多湾に面した地域では、「パーンという比較的高音の激しい爆発音」、福岡市内北部地域では、「大型トラックが突っ込んで来るような」とか「電車が突入してくるような」轟音を数秒間聞いている。また、福岡市南部やマンションでは、地鳴りには気づかなかった人が多かった。

地鳴りから数秒後に始まった強い震動は、「船酔いするような揺れ」と証言する人が少なくなく、比較的長周期の揺れが体感されたことがわかる。強い地鳴りを伴った揺れであったこともあり、振動の原因が地震であると気づくまでに少し時間がかかった。震動中の室内では建物が激しくきしむ音や家具などの倒れる音も聞こえたが、多くの人はその場から動くことが困難であった。ドアを開けて出口を確保しようとして、揺れのためにドアが引き戻されて腕を挟まれ、負傷する事例も認められた。屋外では地面や樹木が波打つような激しい揺れが継続し、運転中のドライバーは車がパンクしたかと思い、走行中の多くの車が減速または停車した。強い振動の継続時間は、市内の強震計のデータでは20秒強程度であったが⁸⁾、体感的には40秒以上に感じた。

地震直後、福岡市内の大部分の地域では停電がほとんどなかったことが幸いして、住宅街ではほとんどの人が室内に留まり、しばらくは比較的冷静に対応してテレビやラジオや電話で情報を得ようとした。津波注意報が午前10時57分に発令されたが、幸い津波は生じることなく、正午に津波注意報は解除された。地震後に電話や携帯電話はほとんど繋がらなかったが、携帯メールやインターネットによる通信には支障はなかった。

都市ガスは自動停止装置が働き、市内では大部分の家庭で自動的にガス供給が停止した。その後テレビ等でガスメーターに付置した自動ガス停止装置の解除方法の案内が流され、多くの家庭ではガスの停止を自力で回復させた。水道については一部を除き供給には問題がなかった。

3月第3週日曜日の午前中に発生した地震であったため、福岡市内では、自

1) 西南学院大学人間科学部(日本学術振興会特別研究員)
2) 福岡教育大学教育学部助教授
3) 山形大学大学院理工学研究科教授
4) 横浜国立大学名誉教授
5) 芝浦工業大学工学部教授
6) 山形大学大学院理工学研究科博士後期課程
7) 西南学院大学大学院人間科学研究科修士課程

宅にいた人が多く、比較的冷静に事態に対処できた人が多かった。地震に対するパニック的な反応は、福岡市内で震度5強となった4月20日発生の最大余震の方が大きかった可能性がある。

地震により福岡市周辺では家具転倒や陶磁器の破損などの被害が生じ、後始末に追われた家庭が少なくなかった。市内の大部分は南北方向の揺れが卓越したために、震動方向とは垂直な方向を向いて置かれた戸棚・本箱・テレビなどの転倒や落下が目立った。西南学院大学でも、倒れた本箱によって研究室の扉が開かなくなる被害や、図書室の本棚が大量に倒れる被害などが発生した。また、建物の一部のガラス破損や壁面の崩落などが発生した。

振動は一般にビルの高層階で大きくなり、室内の家具転倒被害や食器破損などの被害は、マンションの高層階ほど目立つ傾向が認められた。なお、これらの被害は家庭内の被害として処理されることが多く、地震被害としては公式には報告されてこない可能性が大きい。これらの家庭内の被害程度の分布については学生アンケートなどで調査中であり、集計結果については別途報告する予定である。

2) 福岡県西方沖地震の起震断層と福岡県内の活断層との比較

国土地理院⁹⁾は、福岡県西方沖地震の原因となった起震断層について、GPS連続観測点(電子基準点)の水平変動ベクトル図と余震域の分布を利用して最も適合するモデルとして、志賀島北西端付近から北西方向に延びる、長さ30.0 km、幅20.0 km、深さ0.0 km、傾斜81度、すべり量0.56mの断層モデルを適用し、地震のモーメントマグニチュードはMw=6.6となると報告した(図1)。また、5月10日には、三角点改測結果を示して、この断層モデルを変更する必要のないことを明らかにした。この地震では、ほぼ東西圧縮の応力場で、長さ30 kmの高角の左横ずれ断層が56 cm動いたことになる。その後の余震域の震央分布を見ると、ほぼ志賀島から北西方向の長さ約30 kmの狭長な範囲に広がり¹⁰⁾、上記断層モデルとよい一致を示していることがわかる(図2)。

この起震断層の南東方向延長部には警固断層が位置しており、警固断層とは高角左横ずれ断層であるといった特徴は一致する。このため起震断層は警固断層の海側延長部分に相当するとの指摘がなされてきた。そこで、4月7日14

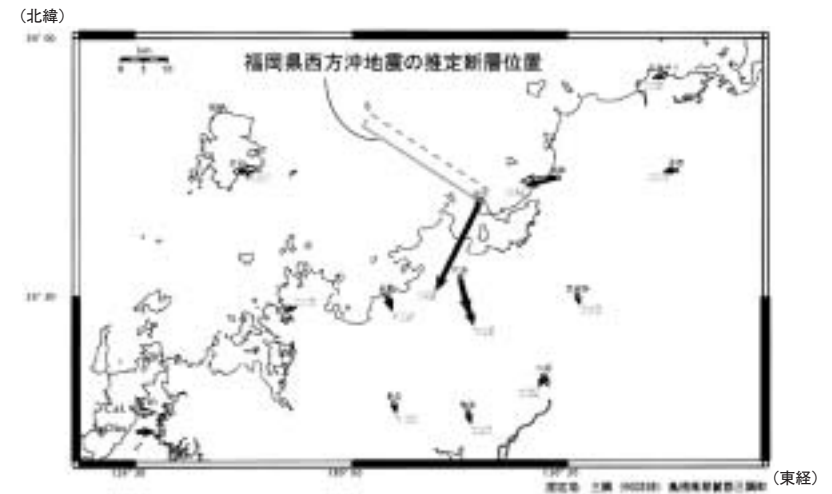


図1 推定断層位置図

黒矢印は電子規準点の地震後の地殻の移動，白矢印は断層モデルにもとづく地殻移動計算値(国土地理院による)

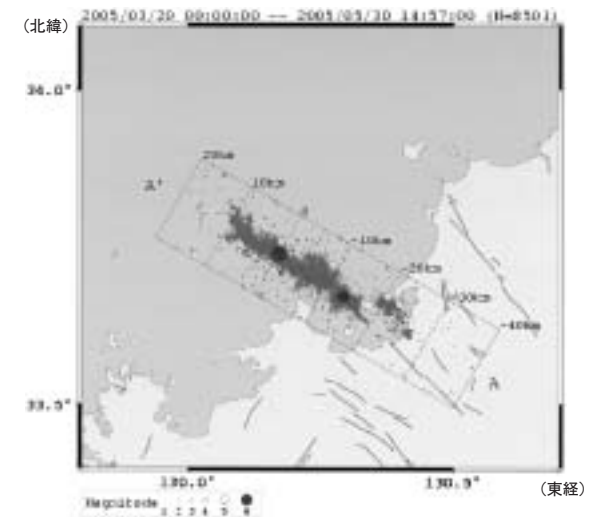


図2 福岡県西方沖地震の余震震央分布

図中の距離は、推定起震断層に平行に計測した本震震央からの距離。大きな●印は3月20日の本震と4月20日の最大余震の震央位置(防災科学技術研究所による)

時 30 分までの余震分布図¹¹⁾ を国土数値情報の標高データと合成した図を作成し、警固断層との位置関係を余震分布図の中に示してみた(図 3)。この図は南側を上に表示したもので、玄界灘から博多湾方向を示している。この図から、余震域の長軸方向で示される福岡県西方沖地震の起震断層の方向は、警固断層の方向とは多少斜交したことがわかる。しかし、4 月 20 日の余震では、志賀島付近から警固断層方向に長さ 5 km ほどの余震域が新たに延びたこともあり、警固断層と無関係な地震とは断定できないとする意見¹²⁾ が支配的である。

福岡県西方沖地震の余震域から推定された起震断層は、明らかに警固断層とは分離しており、一連の断層帯であったとしても両者の活動時期は異なる可能性がある。プレート境界型地震では隣接したセグメントで次の巨大地震を引き起こすことは知られてきた。しかし、日本国内の陸域の浅い地震では一連の断層帯のなかで、隣接したセグメントが次々に地震を生じるという事例は必ずしも多くはない。観測された事例で関連した可能性のあるものとしては 1891 年濃尾地震の濃尾断層系と 1948 年福井地震の福井地震東縁断層系の活動がある。歴史地震では、跡津川断層系の隣接したセグメントの活動と推定される 1855 年と 1858 年の飛騨地方の地震などがある^{13)・14)}。

福岡県西方沖地震の起震断層と福岡県内で確認されている活断層^{15)・16)・17)} の諸元を表 1 に比較した。活断層の延長方向は、小倉東断層と水縄断層¹⁸⁾を除いてほぼ北西-南東方向に延びる。また長さは宇美断層¹⁹⁾と小倉東断層を除くと、ほぼ 20~30 km 程度である。また福智山断層²⁰⁾・西山断層²¹⁾・警固断層^{22)・23)}はいずれも左横ずれ高角逆断層である。

これらの断層の性質は福岡県西方沖地震の起震断層と共通しており、今回の

表 1 福岡県内の活断層と福岡県西方沖地震起震断層との比較

断層名	断層長 (km)	断層延長方向	断層型	最新活動時期	活動間隔
小倉東断層	12~17km	北北東-南西	右横ずれ逆断層	約2,200年前	8,500年程度
福智山断層	19~24km	北北西-南南東	左横ずれ逆断層	数千~11,000年前	25,000年程度
西山断層	29km	北西-南東	左横ずれ高角逆断層	2,100~10,000年前	8万年以上?
宇美断層	7km?	北西-南東	?西上がり	?	?
警固断層	18.5~22km	北北西-南南東	左横ずれ高角逆断層	10,000~16,000年前	15,000~26,000年
水縄断層	26km	東-西	正断層	679年	12,000年程度
福岡県西方沖地震	推定30km	北西-南東	左横ずれ高角逆断層	2005年3月20日	?

地震と共通する応力場のもとで、これらの活断層も形成されてきたことがわかる。従って福岡県西方沖地震と同様の地震や地殻変動は、第四紀中期以降、北西部九州で繰り返して生じているものと判断される。しかし、北西部九州の活断層は、B~C級であるのに対し、中部地方の前述の活断層はA級であることを考えると、隣接したセグメントである警固断層の活動までには少し時間を要することも考えられる。

3) 北西部九州の過去の被害地震と福岡県西方沖地震との比較

北西部九州では有感地震は年 1 回程度のことが多く、有感地震の回数が日本の中では最も少ない地域の一つであった。地震調査研究推進本部の確率的地震動予測地図²⁴⁾でも、今後 30 年以内に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる可能性は 0.1~3%で、「やや高い」確率のランクであるが、「高い確率」ではないとされていた。

表 2 北西部九州周辺を震源とする、被害をもたらした主な地震

西暦(和暦)	地域	M	主な被害
679(天武7)年	筑紫	6.5-7.5	民家倒壊多数,幅2丈長さ3千丈の地割れ,地すべり
1700(元禄13)年	杵岐・対馬	7.0	家屋全壊89
1703(元禄16)年	小城	不明	小城古湯温泉の城山崩落と温泉埋没
1723(享保8)年	肥後・豊後・筑後	6.5	肥後で死者2,負傷者25,家屋倒壊396
1831(天保2)年	肥前	6.1	佐賀城石垣崩壊,家屋破損多数,潰家あり
1848(弘化4)年	筑後	5.9	柳川付近で家屋倒壊あり
1889(明治22)年	熊本・筑後	6.3	熊本市付近被害大。柳川付近でも家屋倒壊60余
1898(明治31)年	糸島半島	6.0	負傷者3,家屋全壊7
1929(昭和4)年	雷山付近(前原市)	5.1	壁亀裂
1930(昭和5)年	雷山付近(前原市)	5.0	小地割れ,小崖崩れ
2005(平成17)年	福岡市・糸島半島	7.0	死者1,負傷者767,家屋全・半壊1111

このため従来この地域には被害地震はほとんどないと思われ勝ちではあるが、歴史記録^{13)・14)・25)}を見る限り、福岡県とその周辺の北西部九州を震源とする被害地震はこの約 300 年間に 10 回も生じていたことがわかる(表 2)。

その中では今回の被害地震は 1898 年の糸島地震の被害規模²⁶⁾をはるかに超えており、679 年に水縄断層が動いた筑紫国地震以来の被害規模に達していた

ことになる。ただし、水縄断層など、筑紫平野以南を震源とする起震断層は、東西方向に延びた正断層となることが多く、今回の地震とは起震応力が異なっている可能性が大きい。したがって、679年筑紫、1723年肥後・豊後・筑後、1831年肥前、1848年筑後、1889年熊本・筑後の各地震は今回の地震とは応力が異なる。これらの地震を除き、東西方向の圧縮応力で発生した可能性のある被害地震のみを拾うと、この300年間に6回発生していたことになる。このことから、北西部九州で、福岡県西方沖地震と同様の応力で生じた被害地震の平均発生間隔は50年程度ということになる。しかし、実際には集中して発生する時期が認められるため、等間隔に被害地震が生じているわけではないが、被害地震そのものの発生数は決して少ないわけではないことが確認された。

II 被害の種類とその分布

1) 被害分布の特徴

福岡県西方沖地震は、震源域が海底にあったため、直接地震断層が地表に現れて、逆断層の上盤側に壊滅的な被害をもたらすタイプではなく、強い振動によって広域的な被害が生じたタイプであった点に特徴がある。

この地震による人的被害と家屋被害^{27)・28)}は表3に地域別にまとめた。このうち人的被害は死者1名、重・軽傷者1,087名、家屋の被害は全壊133棟、半壊244棟、一部損壊は8,620棟に及んだ。また、地震に伴う火災は長崎県と福岡県でそれぞれ1件発生した。被害の大部分は福岡県で発生しているがその過半は福岡市内で生じている。

福岡市各区の被害を見ると、震源に近い西区と東区で建物被害が大きかったほか、警固断層の通過する中央区でもマンションを含めた建物被害が多かったことがわかる。負傷者数で見ると、中央区が突出しており、次いで博多区となっている。福岡市都心地区を含む中央区と博多区では建物被害件数に比して人的被害が大きくなる傾向が認められた。建物が高層化した都心地区では、建物そのものの被害が軽微でも、壁面やガラスの崩落、室内家具などの転倒等による人的被害が生じやすいことを示している。また、塀の転倒も中央区と博多区で目立ち、博多区では戸外にいて地震の振動で気分が悪くなってしゃがんだ人が、

表3 福岡県西方沖地震による人的被害と建物被害の分布

地域名	人的被害 (人)				建物被害 (棟)			
	死者数	重傷者数	軽傷者数	合計	全壊建物	半壊建物	一部損壊	合計
					(うちマンション等)	(うちマンション等)	(うちマンション等)	(うちマンション等)
福岡市東区	0	3	93	96	4	35	1,253	1,292
福岡市博多区	1	9	150	160	0	2	49	51
福岡市中央区	0	24	315	339	5	11	204	221
福岡市南区	0	3	68	71	1	0	61	62
福岡市城南区	0	0	44	44	7	35	460	502
福岡市早良区	0	5	86	91	2	13	205	220
福岡市西区全域	0	6	119	125	1	24	54	60
西区玄界島のみ	0	1	9	10	0	0	18	20
福岡市全域	1	50	875	926	0	0	175	175
佐賀県	0	1	14	15	0	0	7	7
長崎県	0	0	2	2	1	25	438	464
山口県	0	0	1	1	0	1	17	18
大分県	0	0	0	0	113	113	1,780	2,006
合計	1	76	1,011	1,088	0	1	4	5
					107	46	61	214
					0	0	0	0
					132	224	4,364	4,720
					3	19	351	373
					132	243	8,474	8,849
					0	1	130	131
					1	0	13	14
					0	0	1	1
					0	0	2	2
					133	244	8,620	8,997

倒れてきたブロック塀に挟まれて死亡している。

国土地理院は空中写真を利用して福岡県西方沖地震の災害状況図²⁹⁾を作成した。ここでは災害状況図を国土数値情報の50mメッシュ等高線データと合成した被害状況立体図を新たに作成して検討する(図4)。この図は本震の震央上空3,164mから南側を俯瞰したイメージ図で、垂直倍率を水平倍率の2.5倍に設定している。

図4から、家屋損壊を中心とする建物被害は福岡市の周辺部までの広い範囲に点々と発生したこと、地盤の液状化に伴う被害は、博多湾沿岸部の埋立地や港湾施設などに集中して発生したことなどが認められる。斜面崩壊は図4には表示されていないが、玄界島や志賀島などの山腹斜面で比較的規模の大きなものが発生したほか、福岡市西区西浦地区などでも発生した。

建物損壊(主に屋根瓦崩落)は、玄界島・志賀島のほか、福岡市の東区・西区、糸島半島の前原市・志摩町の震源から半径25km以内の範囲で発生した。建物損壊被害は、震源域に近い糸島半島部では沖積低地以外の地形でも生じているが、震源から遠ざかると、一部の宅地造成地被害を除けば沖積低地で大部分の被害が生じている。なお、国土地理院の調査では都心部のビル被害につい

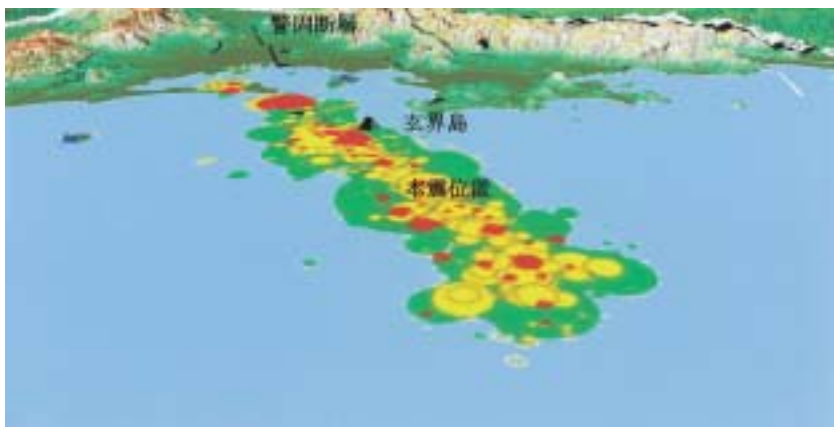


図3 3月20日～4月7日までの福岡県西方沖地震震央分布図
図は南を上にしてある。(九大大学院理学研究院 地震火山観測研究センターによる)

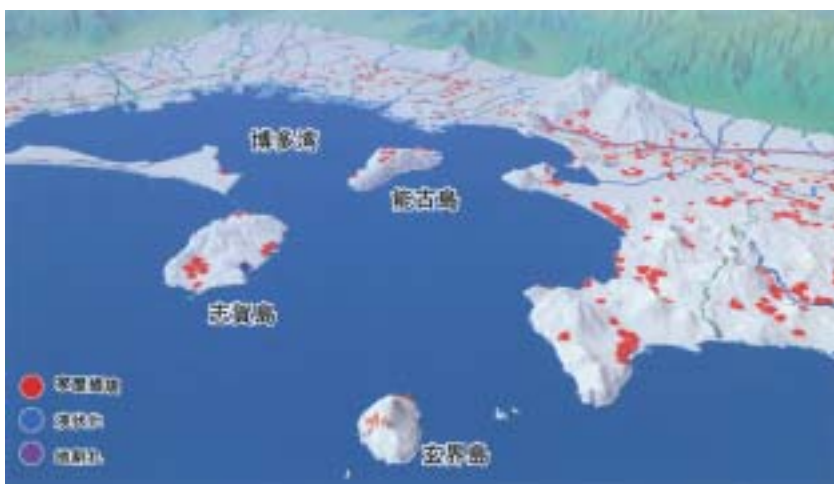


図4 災害状況立体図

では検出できていない。

地盤の液状化に伴う噴砂は、博多湾岸の埋立地で各所に認められ、一部では道路の盛り上がりや変形も生じた。これらの埋立地の大部分は地盤の締固め工

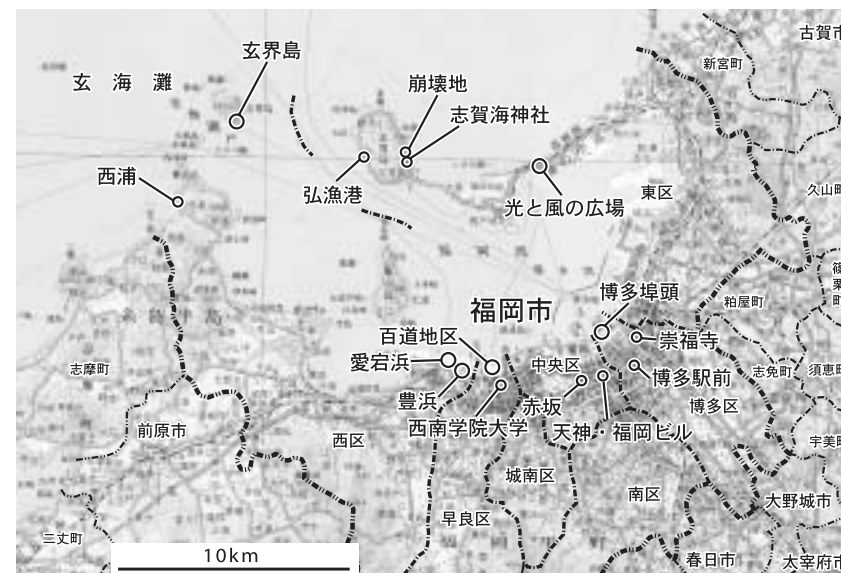


図5 主な地震被害関連地点位置図

法を実施しており、この効果もあって建物倒壊や大規模な地盤沈下をもたらすことはなかったが、小規模な液状化の被害は発生し、港湾施設周辺の被害は小さくなかった。

締固め工法を実施しなかった埋立地である国営海の中道公園内の「光と風の広場」では、液状化に伴う地盤の沈下、陥没、地すべりなどにより局地的に著しい被害が生じた。埋立地であってもほとんど被害が生じなかった地域もある。西区愛宕浜の一部で実施していたペーパードレイン工法施工箇所では液状化被害は少なく、同工法を実施した境界付近でのみ地盤被害^{30)・31)}が生じた。また、炭鉱のボタを利用した埋立地である西区豊浜では、大量の礫を含むことによる影響か、液状化現象は認められなかった。

地盤の液状化現象は博多湾岸からは離れている糸島半島南部の糸島低地帯にある志摩町志摩中学校や佐賀県唐津市神集島などでも観察された。これらの地点は震源から 20 km～25 km 離れている。地震のマグニチュードから推定される福岡県西方沖地震による液状化限界距離は栗林・龍岡の式³²⁾ ($\log R = 0.77 M - 3.6$) で求めると $R \approx 62\text{km}$ となる。従って地下水位が浅くて緩い砂地盤が

あれば、更に遠方でも液状化した可能性も考えられるため、今後も詳細な調査が必要であろう。以下各地の被害について報告するが、それらに関連する被害地区の位置を図5に示す。

2) 玄界島の斜面崩壊と建物被害

① 山地斜面の崩壊

玄界島は本震の震源から約5 km、起震断層からは2.5 km程度の位置にあり、強い地震動が島を襲ったものと推定される。この島は主として花崗岩類か

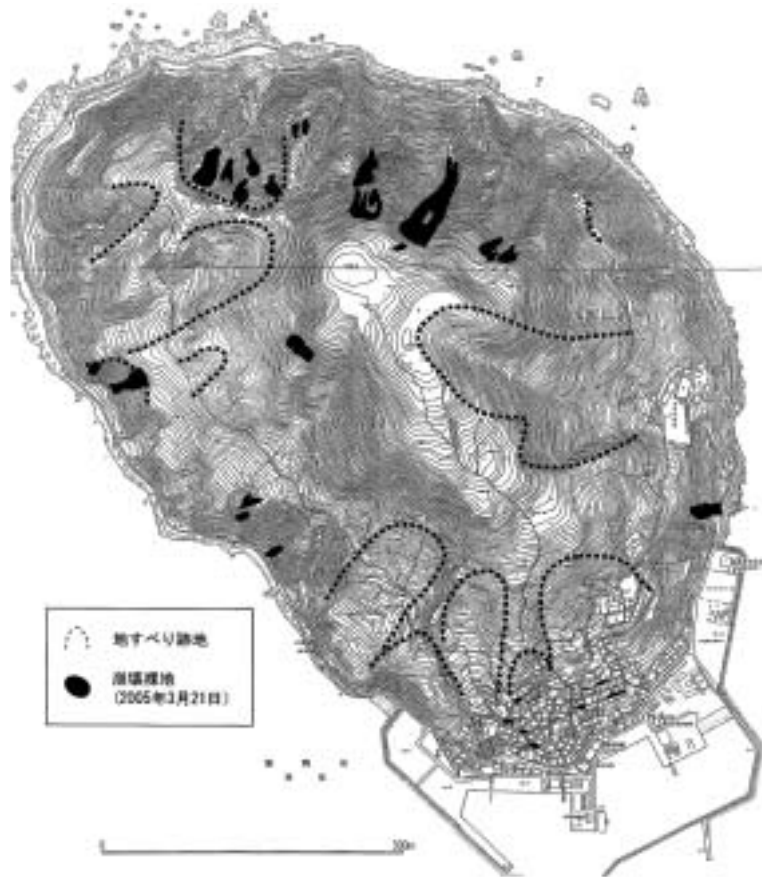


図6 玄界島の崩壊地形分布図

ら構成されるが、島の山頂付近は鮮新世末頃に噴出した玄武岩が覆う。玄武岩の覆う山頂付近は比較的緩傾斜で、開析された玄武岩台地状の地形を呈する。花崗岩類から構成される山腹斜面は一般に下部ほど海食を受けて急峻な斜面を形成し、この部分は崩壊地や地すべり跡地なども認められる(図6)。

図6は、1974年国土地理院撮影の空中写真で確認した開析の進んだ古い地すべり跡地の分布図に、今回の地震の翌日の3月21日15時頃にRKB毎日放送のヘリコプターから撮影した画像と空中写真で確認した新しい崩壊地とを重ねて示した。

地震で崩壊した斜面のうち規模の大きいものは、山頂部を構成する玄武岩台地部の南側基底付近で発生している。また、勾配の急峻な北側斜面でも玄武岩台地部の基部付近に発生した崩壊地がいくつか集中している。ここでは1974年当時からの崩壊裸地が分布しており、その周辺で地震によって崩壊地が拡大したものである。海岸に近接する島下方の斜面でも、若干小規模な崩壊が発生しているが、崩壊土砂で大規模に道路を塞ぐような事例はヘリコプターからは確認できなかった。

② 集落周辺の被害概況

玄界島の集落は、冬の季節風を避けられる島の南東端に形成された港の周辺に立地する。近年は港の周辺に埋立地が形成され、低地にも集落が拡大したが、集落の大部分は崩壊跡地の急傾斜地を石垣などでひな壇状に造成した狭小な平地を利用して形成されている。

福岡県西方沖地震によりこの集落では重傷1名・軽傷9名の人的被害が生じた。また、全壊107棟・半壊46棟・一部損壊61棟、計214棟の建物被害が生じた(表3)。全壊率は3割を超えており、玄界島では震度7規模の地震であったことがわかる。

地震の翌日の3月21日午後3時頃のRKB毎日放送のヘリコプターから撮影した集落写真(図7)では、まだ自衛隊によるビニールシートはかけられておらず、被害状況がそのまま遠望できた。図7では斜面の石垣や擁壁の一部がところどころで崩落している状況が観察できる。しかし上空からの観察だけで



図7 玄界島の斜め航空写真（2005年3月21日撮影）

は建物自体にはほとんど被害がないようにも見える場合も少なくなく、空中からの被害調査には限界があることがわかる。

玄界島現地調査を4月1日・2日・24日に実施した。現地では急傾斜地の地盤が崩落して建物基礎が失われて損壊した住宅（図8）（図14の②地点）、擁壁が崩れて狭い道路に崩壊したブロック塀（図9）、玄界小学校の石垣の崩壊（図10）などに見られるように、ヘリコプターからは確認できなかった小規模な宅地の石垣や擁壁の崩壊が相当数発生していた。また、敷地・道路・擁壁などでは、各所で地盤の動きによって生じた多数の亀裂が認められた。これらの亀裂は、崖の南端部分で生じている事例が多い傾向が認められた。これによって家屋や壁が傾き事実上倒壊していた家屋も少なくないことが判明した。また屋根瓦も多く崩落したため、もともと幅の狭かった路地はさらにせばまり図9のように通行不能となる場所も多かった。また通行危険な通路は立ち入りを規制された。通行可能な道路には白線が引かれているが、場所によっては、民家の敷地内に通路を設定して、辛うじて往來を確保する場所もあった。

島内南部では狭い平地を最大限活用するために、屋根と隣家の擁壁が接して建てられている地区もあり、ここでは擁壁の変位や小崩壊のために隣家の屋



図8 建物基礎が崩落した損壊住宅（2005年4月2日撮影）



図9 擁壁崩壊に伴うブロック塀の倒壊（2005年4月2日撮影）



図10 玄界島小学校南端の石垣崩壊（2005年4月2日撮影）

根や壁が押されて壊されていた。その結果小規模の崩壊が引き金となり隣接する民家をドミノ倒しのように家屋被害を連続して生じている被害も見受けられた。このほか集落内では屋根瓦の落下が目立ち、庭などに屋根瓦が散乱していた。また、梁が壊れて屋根がつぶれる事例（「屋根崩落」）も数例見受けられた。

震動による被害の例は、島南部の小鷹神社周辺（図11）で典型的に認められた。ここでは社殿が基礎石からずれて全体が傾き（図11(a)）、また神社を囲む土塀も崩壊した（図11(b)）。鳥居の島木は落下し、灯籠や石碑は転倒し、社殿は基礎石からずれた惨状を呈していた。敷地内の石塔などはことごとく転倒



(a) 西側に傾いた本堂
(2005年4月24日撮影)



(b) 倒壊した土塀
(2005年4月1日撮影)

図11 小鷹神社の被害

玄界島集落の西端に位置する小鷹神社は、島に残る百合若伝説の中で、島に残された豊後の国守であった百合若の愛鷹みどり丸を奉った神社とされる。この神社では、本震の影響で鳥居の破壊や灯笼の倒壊などの被害が出た。神社の土塀はほとんどが倒壊した(図11(b)参照)。また、本堂は写真左に示すように、余震の影響でさらに西側に傾く(写真左側が西)など、その後の余震の影響も受けていることが分かる。



図12 玄界島公民館前の石碑基礎部分に生じた亀裂(2005年4月2日撮影)

したが、転倒方向は、南西方向と北東方向が多かったものの特別な系統性は認められなかった。しかし震動によって石塔などの動いた跡を確認すると、左回りに回転した形跡が認められ、地震による断層の動きが「左横ずれ」であったことを示していた。

海岸付近の埋立地では、岸壁周辺で液状化に伴う亀裂や、地盤の凹凸が生じた。図12は液状化や地震動に伴う地盤の変形によって、港の埋立地に建てられた石碑の基礎部分で生じた亀裂の例を示した。なお、液状化に伴う噴砂は、港の西側と東側の護岸など岸壁埋立地に沿って分布していた。

港の周辺では猫が集団生活をし、人からえさをねだっていた。玄界島民は、3月20日に全島民が中央区の九電体育館の避難所に移動しており、その際ペットの犬は避難所へ移動できたが、ペットの猫は避難対象外とされた。被災者の避難の際のペットの扱いは判断が難しいが、心理的な安定を図るために今後は積極的な扱いが必要であろう。

③ ヘリコプターで確認した建物被害

地震被害の全体像の確認は、飛行機やヘリコプターなどによる空中からの調査で最初に把握されることが多い。その場合、上空からは建物の形がはっきりしていて大きな被害が生じていないように見えることが少なくない。建物被害がどの程度把握できるかを判定する目的で、3月21日にヘリコプターから撮影した斜めデジタル写真(図7)と同じヘリコプターで図7とはほぼ直交する方向から撮影したデジタル写真の2画像を利用して被害の区分と判定を試みた。



図13 玄界島図7写真のデジタル拡大画像

判定作業は写真判読にあまり習熟していない大学院生2名が担当し、被害程度が識別可能かどうか検討した。なお、3月21日には、まだビニールシートによる屋根の覆いはかけられていない。

作業はデジタル写真を部分的に拡大した画像(図13)を用い、一棟ごとに地図上で位置を確認しながら被害を分類し表示した。なお、作業は個人差を少なくするために2人で個別に実施し、結果を照合する方法を用いた。建物被害の規準は、倒壊したものは「全壊」、一部の倒壊または破損が確認できるものは「半壊」、建物の外形は残っているものの屋根が抜け落ちたものは「屋根崩落」、瓦が一部または全部崩落しているが、建物の外形に異常が認められないものは「瓦落ち」として分類した。

作業結果は図14に示す。ヘリコプターの斜めデジタル空中写真からは、調査範囲では、「全壊」7棟、「半壊」6棟、「屋根崩落」7棟、「瓦落ち」144棟、「異常なし」71棟と判定された。しかし、実際に現地で観察すると、被害の小さいと判定された家屋でも大きな被害が生じていた事例は少なくない。

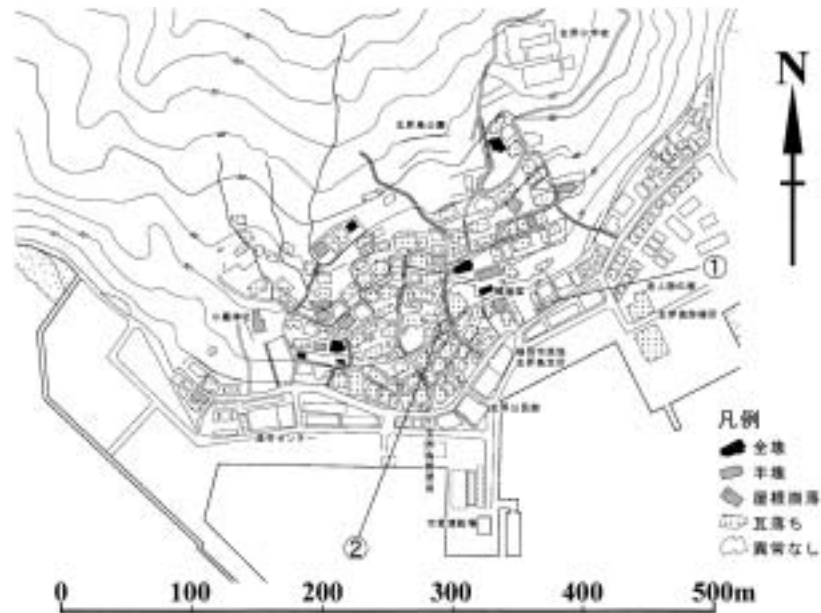


図14 3月21日ヘリコプター斜め空中写真判読による玄界島家屋被害分布

図14の①の建物は、ヘリコプターから撮影した拡大画像の図13で「異常なし」と判定された。現地で撮影した写真では図15(a)の道右手にある建物である。この建物は石垣の上に載っている二階部分と屋根は、ヘリコプターからは被害の生じていないように見えたが、1階部分は石垣に押されるように道路側に倒れかかっていた。なお、図15(b)は、同じ場所を4月20日の最大余震後に撮影したものである。(a)と(b)を比較すると、わずかではあるが1階部分の傾斜が大きくなっていた。



(a) (4月2日撮影)



(b) (4月25日撮影)

図15 建物①の最大余震前後の比較

図16の建物②は、拡大画像の図14で「瓦落ち」と判定された。この建物は現地調査で撮影した写真では、図16(a)の正面路地奥の建物である。建物②を拡大して示したものが図8正面の建物である。この例では上空から見ると家屋の形はしっかりと見えるが、建物の基礎地盤は片側が崩落し倒壊寸前である。実際に4月20日の余震で建物②は完全に倒壊した。図16(b)の写真では、建物②の背後にあった建物が正面に見える。



(a) (4月2日撮影)



(b) (4月25日撮影)

図16 写真正面の建物②の最大余震前後の比較、(b)では建物②は崩壊していた



(a) 崖を転落した家屋 (玄界島)



(d) 倒壊した家屋 (玄界島)



(b) 舗装が盛り上った生活道路 (玄界島)



(e) 崩れた階段 (玄界島)



(c) 西側に傾いた本堂 (小鷹神社)



(f) 博多港南岸の舗装の陥没・隆起

図 17 福岡県西方沖地震立体写真

図 17 福岡県西方沖地震立体写真

これらの例のようにヘリコプターや航空機から撮影した写真から建物被害を俯瞰した場合、屋根等に隠されて建物被害の実態が非常にわかりにくい。上空から撮影した写真から地震被害を推定することは、現状では瓦落ち以外の建物被害の程度を確認することは無理があり、被害が過少に評価されてしまうことになる。このため地震被害の実態を解明するには、なるべく早く現地に入り調査を実施することが必要である。

④ 立体写真による災害記録の作成

このような地震の被害状況を記録し後世に残していくために、立体映像（立体写真）による記録を試みた。立体写真による自然災害の記録は、欧米では19世紀末頃から行われ、サンフランシスコ地震（1906年）やメシナ地震（1908年）などの立体写真が残されている³³⁾。国内でも多くの撮影実績があるが、最近では阪神淡路大震災³⁴⁾や新潟県中越地震³⁵⁾の記録がある。

地理学や地質学の分野では、航空写真を立体視することにより、地形の高低差を観測する手法が一般的に用いられている。しかし、航空写真では、地上で起きた被害の様子を詳しく知ることに限界もある。また、通常の2次元映像（写真）では、遠近感や物体AとBとの位置及び相対的大きさを忠実に再現することは難しい。被災地に行った人ならば、後になってそれらの映像を見ても現地の様子が頭に浮かぶ。しかし、行ったことのない人に臨場感を伝えることは難しく、記録の点からはそうしたメディアが求められる。立体映像は、撮影や再現において2次元映像とは異なる制約条件を持つが、2次元映像に比べて臨場感を表現できると考えられる。なお、紙幅の制約もあるため、立体映像の詳細については中村ほか（2005）³⁵⁾を参照して欲しい。

ここでは福岡県西方沖地震で被害の大きかった玄界島の被害状況を記録した立体写真の一部を紹介する（図17）。撮影は2005年4月24日に行った。なお、撮影は1950年代に作られた立体写真用カメラ（ベラスコープ、リアリスト）を用いた。

1組の立体写真は左右各々の写真から構成されている。右目で右の写真を、左目で左の写真を見る方法（平行法）で見ると、立体映像として見ることで

きる。難しい場合には、左右の写真の間に紙や手を立てると見やすい。紙媒体という制約上、ここでは裸眼立体視用の印刷物としたが、ビューアを利用すればより臨場感がある。

3) 地盤の液状化に伴う被害

今回の地震では、震源が福岡県西方沖であったため、博多湾周辺で被害が多く発生した。現在、博多湾周辺のほとんどは埋立地で形成されており液状化による被害が目立った。この現象により、建物が傾いたり沈んだりすることがあり、時には建物が完全に倒壊してしまうこともある。埋立地などの地盤は、通常の状態では地盤内の砂粒子同士がかみ合い安定しているが、地震などの大きな振動によって地盤が揺られると、互いに接して支え合っていた砂粒は崩れ、より密になろうとする。このためそれまで一応安定していた砂粒子間の間隙水

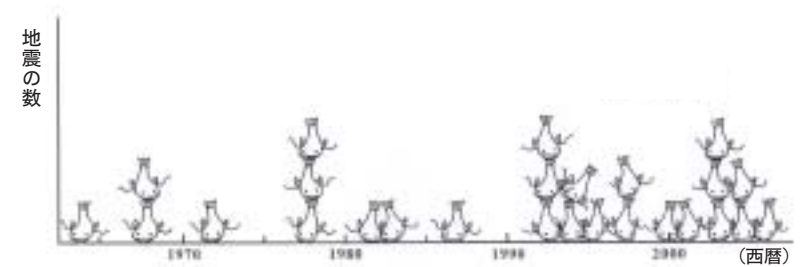


図18 我が国で発生した年次別液状化地震の数（陶野，1990³⁶⁾に加筆）
（積み重なったナマズの数が同一年次に発生した液状化地震の数を示す）

圧が高くなり、砂粒子が遊離し水中で浮かんだ状態になり、地盤内が液体のような状態となる。このような現象を液状化現象という。わが国では新潟地震から現在まで、26回の地震で液状化が発生した。これらの地震では物的損害の大半が液状化に起因している（図18）。なお、2005年8月16日の宮城県沖地震でも液状化が生じ、これを加えると27回となる。

博多湾周辺の埋立地では、本震後、多くの場所でこの液状化が発生し、噴砂した跡が見られた。ここでは、中でも特に液状化による被害が多かった①博多埠頭、②百道地区、③海の中道地区、④神集島地区について述べる。

① 博多埠頭

福岡市博多区の博多埠頭では、図 19(a)に見られるように、液状化によって岸壁部分のブロック舗装面に亀裂や陥没などが生じた。亀裂はほぼ東西方向に伸びており、陥没箇所（図 19(a)手前）は深さ約 2 m、長径約 5 m、短径約 2.5 m であった。博多埠頭一帯は埋立地で、図 19(b)に示すように、数箇所において噴砂跡が確認でき、地盤が液状化したことを示していた。これらの影響で、図 19(a)奥にある大型イベント施設のマリンメッセ福岡の基礎部分に亀裂が生じたほか、同じく図 19(a)奥にある赤いモニュメント（博多港引揚記念碑）にもずれが生じるなどの被害が出た。



(a) (b)

図 19 博多埠頭（2005年3月21日撮影）

② 百道地区

百道地区（福岡市早良区）においても液状化被害が多く見られた。この地区の博多湾岸にある百道浜は 1980 年代後半に埋立てられた場所で、締固め工法を実施していたが、液状化に伴う地盤の変状などが確認された。百道浜に面した人工海浜であるシーサイドもち海浜公園では、特に液状化被害が顕著であった。この場所には、中央に海に突き出た人工地盤の上で結婚式場などの施設が設けられている「マリゾン」が位置し、その東西にそれぞれ長さ約 450m にわたって人工海浜が造られている。図 20(a)に示すように、百道浜西側では、護岸敷と砂浜との境目にあたると思われる箇所に、噴砂跡が約 400 m も続いていた。図手前側に相当する百道浜東側では砂浜上に亀裂がほぼ東西方向に無数に生じているのが見受けられた。福岡タワー下においても、図 20(b)のように大量の砂を噴き出した箇所があり、周辺一帯が泥水で覆われた状態であった。

駐車場などでも亀裂や液状化が生じた場所が多く見られた。



(a) 人工砂浜の噴砂跡 (b) 福岡タワー下の大量の噴砂跡

図 20 百道浜 その 1（2005年3月20日撮影）

また、埋立地ではない百道地区でも地盤の変状などが一部で生じた。図 21(a)は「マリゾン」までの歩道であるが、人工海浜上にある道路の一部が沈下している。海浜公園よりもさらに約 500 m 内陸部に位置する福岡市総合図書館においても、地盤の変状によって、ブロック舗装面が隆起・沈下していることが確認できた（図 21(b)参照）。



(a) 沈下した歩道（正面は「マリゾン」） (b) 図書館前の舗装面の変形

図 21 百道浜 その 2（2005年3月20日撮影）

③ 海の中道地区

液状化に伴う被害において、最も被害が大きかったのは福岡市東区の海の中道海浜公園周辺である。博多湾に面した「ホテル海の中道」では、周辺の地盤の沈下により、基礎部分の亀裂やずれが生じた（図 22(a)参照）。ホテル周辺においても、埋設物の抜け上がりや、歩道のブロック舗装面の激しい変状なども見受けられた。特に、海の中道海浜公園内にある「光と風の広場」の被害は

甚大で、復旧の目処はまったく立っていない状態である。

この広場は海の中道海浜公園内に 2002 年に開園し、面積約 25 ha の広場内には人工池であるカモ池（約 7 ha）がある。ここでは、間隙水圧の上昇に伴ない側方流動が生じ、無数の地すべり亀裂や、道路の隆起・陥没などによる変形、噴砂、埋設管の抜け上がり、建物の傾きなど、液状化による被害が多く発生した。

図 22(b), (c) はカモ池周辺の芝地に生じた亀裂であるが、これらの亀裂はほぼ東西方向に列状に生じ、開口部の幅が 2 m を超えるものもあった。下山ほか（2005）の調査による亀裂の分布図³⁷⁾によると、この部分の亀裂群は眉形の滑落崖状に分布することがわかる。これらの亀裂は間隙水圧の上昇に伴って、池側に地盤が側方流動したものと考えられる。この地盤の変状により、建物も傾いたものが見られたほか（図 22(d) 参照）、地下に埋設されている高圧電線も寸断された状態であった。

また、カモ池周辺にある歩道では、アスファルト部分において隆起・陥没などのかなりの変状が生じており、中には道路の端の部分に幅約 120 cm ほどの亀裂が生じ、高さ約 70 cm も隆起しているところもあった。図 23 は、そのアスファルトの変状を撮影したものであるが、この図を見ると、本震後に撮影した左の図に比べ、余震後に撮影した右の図の方が、さらに道路が隆起・陥没した様子が分かる。このように、広場内では余震の影響で被害が拡大している箇所がいくつか見られた。

芝地における亀裂を示す図 24 においては、本震後に亀裂内で液状化による噴砂が見られるが、余震後（図 24 b）ではその噴砂量がさらに増えていることが確認できる。これは、一度亀裂が生じた亀裂内の砂地部分において、その後の余震で、液状化が発生して噴砂が再び起こったことを示すものである。図 25 は、池南東部の岸急斜面の一部に発生した崩落部分を撮影したものであるが、この崩落部においても、本震直後（図 25 a）と余震後（図 25 b）を比較すると、余震後にさらに崩落が進んでいることが分かる。

これらの被害の多くは、人工池であるカモ池周辺に集中し、特に池を埋立てた北東岸周辺に多く見られた。その結果、埋立てたことによって間隙水圧の上



(a) ホテル海の中道の基礎部分の亀裂
(2005年5月15日撮影)



(b) 「光と風の広場」カモ池北崖
付近の地すべり性亀裂
(2005年4月23日撮影)



(c) 光と風の広場 その2
(2005年4月23日撮影)



(d) 光と風の広場 その3
(2005年5月15日撮影)

図 22 海の中道地区の被害写真



(a) 4月4日撮影



(b) 4月23日撮影

図 23 海の中道海浜公園「光と風の広場」舗装道路の変形



(a) 2005年4月4日撮影



(b) 2005年4月23日撮影

図 24 海の中道海浜公園 「光と風の広場」 亀裂と噴砂跡の変化



(a) 2005年3月31日撮影



(b) 2005年5月15日撮影

図 25 「光と風の広場」カモ池南東岸の崩壊地の変化

昇が起りやすく、弱い状態であった池の北東方面の地盤において、亀裂や隆起・陥没などの変状が多く生じたものであると推察できる。

④ 神集島地区

佐賀県唐津市神集島では 200 m 以上の長さで液状化していた(図 26)。液状化は港を造るために海岸を埋立て造成したところで生じた。噴砂は海岸道路の山側で道路に沿ってほぼ連続的に見られた。道路の中央では液状化範囲のほぼ中央から南東方向へ数十 m にわたって亀裂部から砂が噴き出しており、陥没が生じていたところもあった。また道路の海側では側溝脇から所々で噴砂が認められた。



図 26 神集島の液状化範囲

神集島の被害は斜面崩壊がほとんど生じなかったこともあり、玄界島に比べるとかなり軽微であった。それでも兜鼻の北西約 200 m のところで落石があり、最大約 7 トンの石(玄武岩)が道路を塞いでいた。神集島港や黒瀬港で堤防岸壁の傾斜や沈下や変形などが認められた。

4) そのほかの被害

震源の南東方面に位置する志賀島では、福岡市内でも地震被害の影響を大きく受けた場所で、数箇所土砂災害も発生した。島南東部の県道 542 号線(志賀島循環線)沿いの吹付け斜面(傾斜角:約 35 度)では大規模な斜面崩壊が発生した。崩落した土砂は落下防止ネットをなぎ倒し、電柱を傾動させながら県道を完全に寸断し、一部は海まで達していた(図 27(a)参照)。この場所の地質は花崗閃緑岩で、崩壊部の高さは 50 m 以上にもなる。源頭部には樹木を

含む土塊がまだ残っている状態で（図 27(b)参照）、今後の降雨などによる二次災害も懸念される。

志賀島の東、県道 542 号線沿いから少し上ったところに位置する志賀海神社も大きな被害を被った。この神社は玄界灘を臨む博多湾に鎮座し、海神の総本社として古来より信仰を集め、二千年余の歴史を有する。この神社では、図 28 (a) に示すように、狛犬や灯籠などがほぼすべて倒れ、鳥居も上部が南にずれを生じるなどの被害を受けた。また鳥居から境内に到る石段には亀裂が南北方向に生じ、図 28(b)のように、その亀裂は強度が高い石部を避けるように生じていた。幸い、本堂には大きな損傷は外見上見受けられなかったが、土台とのずれが数 cm 生じていた。近くにある古い土蔵は壁面の落下、建物の回転、石段のずれなどが見られた。



(a) 県道を寸断した崩壊土砂
(2005 年 4 月 23 日撮影)



(b) 斜面崩壊の源頭部
(2005 年 4 月 23 日撮影)

図 27 志賀島の斜面崩壊



(a) 倒れた狛犬
(2005 年 4 月 23 日撮影)



(b) 亀裂が生じた石段
(2005 年 4 月 23 日撮影)

図 28 志賀海神社の被害

福岡市内の都心部においても被害は多く見受けられた。福岡市中央区の天神地区では、福岡ビル（1961 年竣工、鉄骨・鉄筋コンクリート造、地上 10 階地下 3 階建て）の窓ガラス 1608 枚のうち、444 枚が割れ、そのうちの 290 枚の割れた窓ガラスが下の道路に数十 m に渡って飛散した（図 29 参照）。このビルの落下した窓ガラスは、硬化性のシーリング材を用いた普通板ガラス³⁸⁾で、現在のように窓枠とガラス部分との間にゴムなどの緩衝材を入れない工法で窓を設置していた。このビルでは網入りガラスを用いた部分は破損しなかったので、地震時の揺れに非常に弱かった原因は、旧工法以外の要因も考慮する必要がある。

天神地区内において他の建物の窓ガラスが割れたものの、このビルのガラス被害が最も大きく、地震発生時には多くの人がこのビル下の道路を通行しており、数人の怪我人が出た。現在（2005 年 6 月現在）、すべての窓ガラスを耐震基準を満たすべく、交換作業を行っている。このように、1978 年の建設省建設省告示第 109 号第 3 第 4 号の基準の導入以前に建築されたビルでは、窓ガラスの地震対策が十分ではない可能性があり、国土交通省では全国のような建築物に対して、調査・改修指導を行っている。

同じく天神地区内にある赤坂では、図 30(a)のように、ブロック塀の倒壊や自動販売機の転倒などの被害もあったほか、図 30(b)に示すように、マンションや商業施設などの基礎部分に生じた亀裂や、壁面の落下・亀裂などの建物被害が非常に多く、天神地区の警固断層沿いで、同様に建物被害が多く見受けられた。これらの地震被害を受けた建物では、現在、建物の構造自体が弱っていることから、余震や工事による振動、降雨などによる被害も懸念される。

天神地区と同じく福岡市の都心部で、天神地区に隣接する福岡市博多区の博多地区においても、基礎部分の亀裂などの建物被害が多く見られたほか（図 31 参照）、この地区内に昔からある古い神社などでは、本殿の壁の崩落、墓石や塀の倒壊などが目立った。黒田家の菩提寺である崇福寺も被害は大きく、本殿の白壁は崩落し、屋根も一部完全に崩落していた（図 32(a)参照）。黒田家墓所の北側の塀は、図 32(b)のように、ほとんどが倒壊し、道路一面を覆っていた。崇福寺によれば、この石塀は戦後に築造されたものであるが、今回の地



図 29 福岡ビル (2005年3月20日撮影)



(a) 倒壊したブロック塀と自動販売機



(b) ビル基礎部分に生じた亀裂

図 30 赤坂
(2005年3月20日撮影)



図 31 博多駅前の建物被害 (2005年4月6日撮影)



(a) 崩落した屋根



(b) 倒壊した石塀

図 32 崇福寺の被害
(2005年3月21日撮影)

震の揺れによって倒壊してしまった。幸い、この石塀倒壊による怪我人は出ていないが、博多区内のほかの場所においては、鉄筋の補強が不十分なブロック塀が倒壊し、女性1人が犠牲となっている。このように、一見揺れに強そうに見える塀でも、十分な基準を満たさない場合は容易に倒壊し、道路上の凶器となる危険性があり、さらには避難路を塞いだり、緊急車輛の通行の妨げになるなど、二次災害を誘発する可能性もある。

III 4月20日余震とその被害

本震からちょうど1ヶ月後の4月20日6時11分頃、最大余震であるマグニチュード $M_j=5.8$ の地震が福岡を再度襲った。震源は福岡県西方沖の北緯 33.7 度、東経 130.3 度の志賀島北西部あたりで、震源の深さは約 14 km と本震(約 9 km) よりも深かった。この震源は本震の余震域の南東端部にあたり、本震の震源よりも南東に約 15 km の地点であった。

観測された震度は、福岡市中央区、同博多区、同南区、同早良区、春日市、新宮町、碓井町で最大震度5強を観測し、福岡県須恵町、粕屋町、大野城市、福津市、若宮町、筑前町、宗像市、那珂川町、佐賀県ではみやき町、久保田町で震度5弱であった。揺れの範囲は、九州地方から近畿地方の一部にかけて震度5弱~1を観測するなど、本震同様に広範囲に及んだ。震度の分布状況を見ても、福岡県や佐賀県を中心に震度4以上の揺れが観測された地域が分布しており、本震同様、博多湾周辺で震度5弱以上の強い揺れが観測された地域

が分布したほか、筑後川流域の一部でも震度5弱以上の分布が見られた。最大余震のエネルギー規模は本震 ($M_j=7.0$) よりも小さかったものの、震源がより内陸に近かったため、揺れが大きかった。この地震の11分後の6時22分には $M_j=4.7$ の余震が観測され、最大震度は4であった。また、9時9分にも $M_j=5.1$ 最大震度4の余震が発生した。この最大余震は発生した時間が早朝であったため、大きな揺れで目覚めた人が多く、また、本震後から続いていた余震によって恐怖感を抱いていた人が多かったことから、本震よりも人々の精神的ショックが大きかったことが推察される。



(a) 倒れた本棚 (南区若久)
(2005年4月20日撮影)



(b) 落下した屋根瓦 (南区南大橋)
(2005年4月21日撮影)

図33 余震による福岡市南区の被害

この余震では、本震よりも被害が大きかった場所もあり、福岡市南区では、本震よりも余震の方で強い揺れを感じ、揺れた時間も本震では10秒強であったのに対し、余震では約20秒と、余震の方が長く揺れたと証言する人が多い。揺れの方向も本震では南北方向であったのに対し、余震では東西方向で、本震では倒れなかった本棚などの家財道具が余震では倒れるなどした家屋もあった。(図33(a)参照)。被害の大きさも、既に本震の揺れにより屋根瓦が落ちていた家や、すでに崩落していた家屋では屋根瓦の落下被害が拡大したほか(図33(b))、家屋の亀裂が大きくなるなど、余震によって被害が拡大した事例が多く見受けられた。このように、本震と最大余震の震源の深さや場所の違いによって、揺れの大きさや方向・時間などに違いが生じたものと考えられる。4月20日の余震の震央分布は、志賀島南端付近から博多湾内にかけて集中的に分布し、警固断層方向へ延びた。

この余震は平日に発生したため、通勤・通学客などにも影響した。JR 鹿児島本線下り南福岡行き普通電車は、吉塚駅を通過した直後、石に乗り上げたような「ドン」という上下の動きがあった直後、緊急停止した。6時頃の緊急停止後、アナウンスによって線路の点検作業に時間がかかること、筑前新宮から久留米間が全線停車中であることが乗客に告げられた。7時30分頃に、電車後方運転席から下車し、線路上を吉塚駅まで歩くことになること、その援助係の6人が来ることがアナウンスされ、8時頃から下車が開始された(図34)。このような交通機関への影響で、大学などでは、午前中の講義を見合わせるなどの処置がとられ、また、通勤に遅れが出るなどの混乱が生じた。しかし、携帯電話や一般電話などの通信網は、本震よりも比較的使用しやすい状況であった。



図34 余震により停車した JR 電車 (吉塚駅-博多駅間)
(2005年4月20日撮影)

今回の福岡県西方沖地震の余震回数(震度1以上)は、本震当日の3月20日に113回、翌21日に34回が観測され、その後徐々に減少し、4月8日以降は1日の余震回数が5回を超えることはなくなった。最大余震が発生した4月20日は14回観測されたが、その後は再び5回以上観測されることはなく、6月1日現在までの発生回数は計359回である³⁹⁾。気象庁によれば、1925年5月23日に発生した北但馬地震($M=6.8$)以降、内陸および沿岸(深さ30km以浅)で発生した地震($M=6.5$ 以上)の余震活動の推移を見てみると、本震後35日以降に $M=5.0$ 以上の余震が観測された事例は2回しかなく、今回の福岡県西方沖地震の最大余震も本震から1ヶ月以内に発生している。また、本震からの経過日数が16日までの余震の積算回数も、2004年10月23日に発生

した新潟県中越地震（M=6.8）の約5分の1、1995年1月17日発生の兵庫県南部地震（M=7.3）の約半分以下となっており、過去の地震の事例からみても、福岡県西方沖地震の余震の回数は多くはないようである。

しかしながら、前述したように、余震による影響で被害が拡大した事例もある。たとえば玄界島では余震の影響で倒壊しかけていた家屋が全壊してしまったほか、中央区天神や赤坂においても建物の亀裂がさらに拡大し、傾きが一層大きくなった建物もあった。今後も引き続き家屋に関する詳細な被害調査が必要であろう。また、余震に対しても、しばらくは注意を払うことが望ましい。

IV 福岡県西方沖地震被害の特徴

最近10年の間に起った1995年兵庫県南部地震、1999年台湾集集地震、2004年中越地震などの被害と、福岡県西方沖地震による被害を比較し、この地震被害の特色と問題点を記す。

① 地震動による震災

1995年兵庫県南部地震および1999年集集地震は、内陸の既存の活断層が地表地震断層として地表に現れたものである。したがって、被害は地震断層直近および上盤側の限られた所に集中した。もちろん、地震断層から離れているところでも、盆地や埋立て地などで地盤が弱いところでは震動による被害が多い。

震災を考える上で、断層活動による直接の被害と、断層から離れたところでの震動による被害を十分に識別する必要がある。その意味では福岡県西方沖地震による被害はすべて後者にあたる。そして、この場合には地盤条件に基づいて被害域がかなり広がる傾向にある。

② 地表地震断層と既知の活断層との関係および災害

兵庫県南部地震に際して、淡路島では既知の活断層である野島断層が再活動したことは確実で、両者の位置は完全に一致する^{40)・41)・42)}。集集地震では、地震断層の位置と、地震前の空中写真の判読によって求められた活断層の位置は、確実に一致している。^{43)・44)}

集集地震の起震断層となった車籠埔断層^{44)・45)}は逆断層であり、断層直上および上盤側の狭い（約50m）範囲に建物の崩壊が集中し、そこでの建物は例外なく破壊されていた。しかし、断層に近い場所でも、下盤側にはほとんど被害がなかった。このことは、活断層の正確な図化、そしてそれに基づく土地利用の規制を考えることが非常に重要であることを教えている。

福岡市ではいうまでもなく警固断層が市内を通る重要な活断層である。これは今回は活動しなかったが、警固断層の位置と最新活動期、活動間隔の把握や将来の活動期の推定などを進めることは今後の震災軽減のための基礎的資料として重要な課題である。ただ警固断層は横ずれを主とする活断層であるから、被害は断層の両端部にも集中し得ることも注意する必要がある。

③ 被害と建物の性質－耐震、免震設計の必要性－

兵庫県南部地震の際、神戸市内では活断層が地表に表れたかどうかについては未だに結論が出ていない。しかし、被害の状況をみると、隣接する建物でも被害の程度がまったく異なる場合があり、新しくて地震に強い建物と、古い耐震性を考慮していない建物との差に基づくことが明白である。建物の強度の診断、弱い建物では耐震設計の導入が大切である。また、淡路島では、瓦屋根をのせた大きな立派な家屋がその重みでつぶれた一方、合板、トタン屋根の一見危なそうな家が破壊を免れていた事例もあった。煉瓦作りで1階がピロティ方式になっていることが多い台湾では、1階が潰れた場合が多い。

ニュージーランドでは首都ウェリントンがウェリントン断層⁴⁶⁾という活断層に横切られ、そのトレンチ調査から推定した活動間隔と最新活動期から判断して、きわめて近い将来に地震が起ることが想定されている。そのために、病院、危機管理センター、警察署など重要な建物には免震構造が取り入れられ、また断層を横切る高速道路の支柱の強化など逐次進んでいる。さらに活断層の位置を考慮してダムの位置を変更し、断層通過域を緑地帯や広い道路として残し、そこへの建造物の設置を避けるとか、断層が公園を通るところでは断層の位置を示すマークをつけるなど、活断層に関する防災対策と教育とが進んでいる。これらの対策は米国カリフォルニア州のサンアンドレアス断層でも先進的

に行われた。

人口が多い日本で同様なことはできないかもわからないが、その施策に学ぶべき点が多い。福岡地域でも将来の警固断層その他の活断層による地震被害について市民への広報、断層上に避難所や病院などがいないか、などの情報を集めて市民に周知をはかる必要がある。

④ 地盤・地形と地震災害

中越地震は、六日町盆地、十日町盆地、魚沼丘陵など、新第三紀層ないし第四紀層などの未固結の地層からなってきた多くの崩壊地が丘陵地帯にある上に、活断層と活褶曲が卓越し、どの断層が動いてもおかしくないという地域で発生した。しかし、地表地震断層は、野島断層（兵庫県南部地震）、車籠埔断層（集集地震）のそれとくらべて著しく微小で、その位置についても複数の見解がある。そして被害は想定される地震断層付近のみでなく、広い地域にわたり、系統的な帯状分布をしていない。断層そのものによる直接の被害は少なく、震動に基づく被害が主であり、この点では福岡地域の場合と似ているともいえる。

最も被害が著しかった山古志地域は、地すべり常襲地帯であり、集落のほとんどが地すべりの移動ブロックである緩斜面上にある。また地震前に長期にわたって降水があり、地盤が水で飽和していたことも災害を大きくさせた。さらに福岡とちがって丘陵や山地、段丘崖などの急斜面上での崩壊が多かったのも特色である。地すべりは何回も同じ場所で繰り返し起こることが多い。そして急斜面上では地すべりによって生じた緩斜面が集落立地の場所となり、そこはまた次の地震ではなくても台風や豪雨によって新たな地すべりをおこす。古い地すべり地は現在密な植生におおわれていて、一見地すべり地とは見えにくいことがあり、地すべりの分布の調査も震害を軽減するための重要な課題である。

福岡地域でも、たとえば海の中道先端の志賀海神社付近の道路は崩壊によって現在遮断されている（図25）。この崩壊は今度の地震で初めてできたのではない。その前から崩壊が起り、土砂止めの柵が作られていたが、それを壊して今回の崩壊が道路にいたった。すなわち崩壊が同じ場所で繰り返し起こっていることを示す。玄界島の集落は、古い地すべりで生じた周囲より相対的に傾

斜の緩やかな斜面に形成されたものである。集落の背後には大規模な地すべりがあり、集落はその末端部分に位置する（図6）。不幸なことに今回は地震の震動によって、もともと長期的には不安定であった場所に災害が集中した。このような場所は、地震がなくても豪雨でくずれられる可能性も大きい。今後の復旧にあたって、同じ場所に集落を復元することの可否は真剣に考えるべき点の一つである。

⑤ 埋立地の災害

福岡県西方沖地震で特徴的であったことの一つは福岡市域での埋立て地での災害である。埋め立てによる新しい平坦な地盤の所では割れ目、または陥没地の発生、噴砂現象が目立つ。割れ目はおもに張力割れ目で、開いていた場合が多いが、局地的には圧縮をおこし、小規模な逆断層的な変形を示す場合もある。また割れ目の平面的分布は、かならずしも直線状ではなく、かなり不規則である。それは、割れ目の起こる場所が既存の障害物（たとえば街路樹の根、マンホールの縁など）を避け、あるいは異なる物質の境界を通過しているからである。また、平面だけではなく、断面でも障害物を避けて通っているのが明らかである。さらに、割れ目列は、地表の異なる物質の境界（たとえば道路とその縁石との境、建物の土台と道路の境など）に顕著に見られ、その意味では割れ目の分布はかなり選択的といえる。噴砂は割れ目に伴う例も認められた。また、割れ目列とほぼ平行に噴砂列があったり、まったく割れ目がないのに噴砂が見られた場合もある。

もう一つは、歩道上のマンホールの浮き上がり現象である。この現象は中越地震においても顕著に現れ、たとえば小千谷市内では段丘上であるにもかかわらず、数十 cm から最大 1.2 m に達するマンホールの浮上が見られた。柏崎市、長岡市でもマンホールの浮上が知られおり、マンホール下に埋められている砂が液状化したことによると考えられている。中越地震によるマンホールの浮上量の差異が何に基づくかについては、現在調査中であるが、福岡市内と比べて著しく大きいのは確実である（福岡では最大 20 cm 程度）。

このような平坦地での割れ目の発生、地盤の陥没、噴砂の発生などは、福岡

県西方沖地震による地表被害の主要なものである。これらの震害は、新しい埋立て地や港の突堤や護岸の周辺で顕著であった。

なお、福岡県西方沖地震では余震によって明らかに新しい割れ目が発生し、本震でできた割れ目が拡大している。また余震によって、新たな噴砂が生じた現象は確実に認められた。たとえば海の中道の「光と風の広場」では、大規模の噴砂の頂部にきわめて新鮮な火口状の凹地がいくつか認められ、噴砂がごく最近の余震でも生じたことを示している。

⑥ 玄界島の集落の破壊と再建

玄界島では集落の立地に適した平地に乏しく、集落は島の南端の港付近に集中している。何故ここに集落が立地し得たのであろうか。福岡の港にやや近いという条件だけではなく、ここに多少緩傾斜の土地があったためであろう。その緩傾斜地は、地すべり末端の崩落物質の堆積によるのではなかろうか。その緩斜面だけではなく、背後のやや急な斜面上にも家々がい上るように作られている。

そこでの地震動によって上部の家が破壊し、それがすぐ下に接している家にぶつかって家屋の破壊を拡げていった。このかなり急な斜面にも家を造らなければならなかった土地条件の制約は理解できるが、やはり集落立地には無理な点が多い。現在は傾斜地の建物を全て放棄し、地盤から傾斜地全体を造成しなおす方向で島民の合意がなされつつあり、建物基礎から飛躍的な改善が進むことが期待されるが、その分島民の経済的負担が多くなることは避けられない。

⑦ まとめ

福岡県西方沖地震による災害は、地震による地殻変動に伴う災害ではなく、地震動による災害が目についた。博多湾岸では埋立地を中心に、割れ目、土地の陥没、噴砂などの液化現象に伴う小地変を起こしたことに特色がある。また本震のみでなく、大きな余震によって被害が増えたのも特徴の一つである。

都心部ではマンション高層階では強い揺れとなり、震動による家具転倒などの被害が目立った。玄界島を始め、何らかの形で盛土をした造成地では、雛段

形に造成された急崖部分では、地震動によって擁壁などが耐え切れない箇所が生じ、亀裂や崩壊や陥没などが発生した。この形式の災害は福岡市南区など震央からやや距離のある宅地造成地でも発生した。

玄界島や志賀島など、斜面では地すべりが発生した場所は、過去の地すべりが再活動をしたものがある。この例からも古い地すべり地の分布調査を示し、震災対策の一環として検討しておくことは重要である。

文献・資料等

- 8) 内閣府：福岡県西方沖を震源とする地震について（第1報），平成17年3月20日23時00分現在，2005.
- 9) 国土地理院：福岡県西方沖を震源とする地震に伴う地殻変動（第1報），筑波研究学園都市記者会（配布資料），2005.
- 10) 防災科学技術研究所：<http://www.hinet.bosai.go.jp/hinet/statistic/FKO.all.STMa.ping>，2005.
- 11) 九州大学大学院理学研究院地震火山観測研究センター：Seismicity map in last 30 days in and around Genkai-Nada, last update Apr.7, 14:30:00 JST 2005.
- 12) 産総研・活断層研究センター：福岡県西方沖地震による応力変化と余震活動域の予測，AFRC 2005/3/28, http://staf.aist.go.jp/s-toda/Fukuoka/Fukuoka_dcff，2005.
- 13) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧（増補改訂版），東大出版会，493 p. 東大出版会，1996.
- 14) 総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会：日本の地震活動一被害地震から見た地域別の特徴一（追補版），391 p. 1999.
- 15) 活断層研究会：新編日本の活断層一分布図と資料一，363 p. 東京大学出版会，1991.
- 16) 九州活構造研究会：九州の活構造，553 p. 東京大学出版会，1989.
- 17) 福岡県：西山断層系，水縄断層系及び警固断層系に関する調査報告書（概要版），51 p. 1996.

- 18) 千田昇・松田時彦・磯望・下山正一・鈴木貞臣・茂木透・松村一良・岡村眞・杉山雄一・松山尚典・黒木瑞昭・田中武徳：水縄断層系・宮園断層のトレンチ調査報告，活断層研究，No.17, p.141-150, 1998.
- 19) 池田安隆・千田昇・越後智雄・中田高：1:25,000 都市圏活断層図「太宰府」，国土地理院技術資料 D・1-No.435, 2004.
- 20) 千田昇・下山正一・松田時彦・鈴木貞臣・茂木透・岡村眞・渡辺満久：福智山断層系の新时期活動，活断層研究，No.20, p.79-91, 2001.
- 21) 磯望・下山正一・峯元愛・千田昇・松田時彦・松村一良・杉山雄一・鈴木貞臣・茂木透・岡村眞・熊井教寿・松山尚典・黒木瑞昭・川口小由美：西山段相帯(福岡県)の津屋崎町および飯塚市におけるトレンチ調査報告，活断層研究，No.19, p.91-101, 2000.
- 22) 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：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，No.18, p.55-64. 1998.
- 23) 下山正一・松田時彦・磯望・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：福岡市街地の警固断層について，NDIC News(西部地区自然災害資料センターニュース)，No.33, p.7-12, 2005.
- 24) 地震調査研究推進本部:地震調査委員会「全国を概観した地震動予測値図」報告書，<http://www.jisin.go.jp/main/>，2005.
- 25) 内閣府：福岡県西方沖を震源とする地震について（第 15 報），平成 17 年 3 月 31 日 11 時 00 分現在，2005.
- 26) 太田恵美子・松田時彦，糸島地震（1898 年，福岡県）について，とくに村落別被害分布，九大理研報地球惑星，18 巻 2 号，p.131-155, 1994.
- 27) 内閣府：福岡県西方沖を震源とする地震について（第 28 報），平成 17 年 5 月 12 日 16 時 00 分現在，2005.
- 28) 福岡市災害対策本部：地震の被害状況について，5 月 17 日発表，2005.
- 29) 国土地理院：「福岡県西方沖を震源とする地震」災害状況図，<http://zgat.e.gsi.go.jp/fukuokajishin/>，2005.

- 30) 三井不動産建設（株）：姪浜地区地盤改良工事報告書，1989.
- 31) 福塚康三郎・下山正一・金折裕司：福岡県西方沖地震による博多湾沿岸の被災状況と旧地形，日本地質学会西日本支部第 151 回例会講演要旨集，S-7, 2005.
- 32) Kuribayashi, E.& Tatsuoka, F.:Soils and Foundations, 15-4, p.81-92, 1975.
- 33) Earle, Edward W. ed., "Points of View: The Stereograph in America-A Cultural History", The Visual Studies Workshop Press, 119 p. 1979.
- 34) 村上幹次，岡崎宏三が撮影した記録が残っている。
- 35) 中村広幸・太田陽子・鈴木郁夫：立体映像を活用した災害記録の試み，地理，50-6, p 2-3, p.66-69, 2005.
- 36) 陶野郁雄：大深度地下開発と地下環境，鹿島出版会，234p. 1990.
- 37) 下山正一・渡辺公一郎・山中寿朗・市原季彦・石橋秀巳・塚野香織：福岡県西方沖地震に伴う人工砂地盤の被害と余震による被害の拡大について－海の中道 海浜公園 光と風の広場における地盤被害を例にして－，NDIC News, No.33, p 51-55, 2005.
- 38) 国土交通省：既存建築物における窓ガラスの地震対策について，2005 年 3 月 23 日.
- 39) 気象庁地震火山部：福岡県西方沖の地震（平成 17 年 3 月 20 日～），2005 年 6 月.
- 40) 太田陽子：兵庫県南部地震（1995.1.17）で現れた野島地震断層による地表変位と災害の概要，地理学評論，69 巻，p.277-289, 1996.
- 41) 太田陽子・堀野正勝・国土地理院災害地理調査班：1995 年兵庫県南部地震の際に出現した野島地震断層と被害状況，地学雑誌，104 巻，p.143-155, 1995.
- 42) 中田高・蓬田清・尾高潤一郎・坂本晃章・朝日克彦・千田昇：1995 年兵庫県南部地震の地震断層，地学雑誌，104 巻，p.127-142, 1995.
- 43) 太田陽子：1999 年 921 集集地震による地震断層は何を語るか，地学雑誌，109 巻，p.799-804, 2000.

- 44) Ota Yoko, Watanabe Mitsuhisa, Suzuki Yasuhiro, Sawa Hiroshi :
Geomorphological identification of pre-existing active Chelungpu
Fault in central Taiwan, especially its relation to the location of the
surface rupture by the 1999 Chichi earthquake. Quaternary
International, 115-116, p.155-166, 2004.
- 45) 太田陽子：集集地震による地震断層の特色，地震ジャーナル，29号，
p.11-22, 2000.
- 46) 太田陽子：ニュージーランドの活断層研究と町づくりー首都を活断層が通
るニュージーランドではー，科学，69巻，p.496-501，岩波書店，1999.

西南学院大学人間科学部児童教育学科