

51. 福岡県西方沖地震の被害分布図の作成

Distribution Maps of Damages Estimated by Questionnaire and Field Survey on the 2005 West off Fukuoka Earthquake

○黒木貴一(福岡教育大学(正会員)), 磯 望(西南学院大学), 後藤健介(長崎大学)
Takahito KUROKI, Nozomi ISO and Kensuke GOTO

1. はじめに

福岡県西方沖地震(2005年3月20日, M7.0)では, 福岡市およびその周辺地域の港湾施設や家屋を中心に地震動および液状化による大きな被害が生じた(写真・



写真-1 海ノ中道海浜公園の地震被害

1). 地震被害の復旧や今後の対策には, これら被害程度や位置を示す分布図が不可欠となる。このため空中写真から判読した液状化や家屋の被害¹⁾, 踏査で判別した構造物や建築物の被害^{2), 3)}の分布が示された。しかし顕著な被害の生じた玄界島, 埋立地, 警固断層周辺に成果は限られ, 福岡市市街地を網羅する, またはより広範囲に関する報告はない。

通常, 地震の被害分布図は, 踏査, 空中写真, 人工衛星データから作成される。しかし専門分野により建物, 道路, 墓石転倒, 斜面崩壊, 液状化各々に注目しがちなため, 個別に被害分布図とされることが多い。また踏査は高精度ながら時間の制約で狭い範囲に限定されやすく, 空中写真や人工衛星データは広い範囲を解析できるものの踏査に対し精度は低い。ところでアンケートの質問回答から総合的に震度を評価する方法⁴⁾は, 広範囲に対し個別の被害を直接把握するとともに, 地震被害と関連する気象庁震度を精度よく評価し分布図化できるとされる。そこで本研究では, アンケートの被害情報から北部九州に対し震度分布図を作成するとともに, 福岡市市街地に対し踏査からの被害分布図を作成した。

2. 被害分布図作成方法

1) アンケートによる北部九州の震度分布図

本震後1ヶ月以内に福岡県内にある大学の教員と学生ら計約5000人に対しアンケートを実施した。内容は回答者の属性, 地震を感じた場所, 地形・地質, 地震動の程度を示唆する建物や家具などの動き, 地震時の

気持ちや対応, 観察した自然現象などに関する49問(図-1)である。

福岡県西方沖地震(2005年3月20日)に関するアンケート

学路番号	氏名		
(1) あなたは, この地震を感じましたか。 1 感じた 2 感じなかった			
(2) あなたは, その頃どこにいましたか。 1 家(建物)の中にいた 2 屋外にいた 3 地下にいた(地下室, 地下街など) 4 その他()			
(3) あなたは, そこで何をしていましたか。(1~3をえらんだひとは()内の適当な言葉で○で囲んでください。) 1 動いて(歩いて, 歩いて, 運動して)いた 2 静かにして(横になって, 座って, 寝かして, 立って)いた 3 乗物(電車, バス, 自動車, その他)に乗っていた 4 わわわっていた 5 その他()			
(4) あなたの地震の頃の住まいはどこですか。その場所を出来るだけ詳しく書いてください。			
県	市・郡	町・村	大字・小字・番地(丁目)・号

実際に地震にあった場所はどこでしたか。上と違う場合はできるだけ詳しく地名が分かるようにお答え下さい。
場所 ()

(1)で(1 感じた)に○を付けた方は, 以下の質問にお答え下さい。また(2 感じなかった)を○に付けた方は, このままお答え下さい。

- (5) その場所の地形は, 次のどれにあてはまると思われますか。
1 平地 2 丘の上 3 斜面 4 丘の上 5 谷あいの土地 6 その他()
- (6) その場所の地震の様子は次のどれにあてはまると思いますか。
1 岩盤とか砂利のような, よく縮まった地盤 2 シラス地盤 3 粘土, 砂からなる, どちらかといえばゆるい地盤 4 埋立地, 泥炭地, 湿地のような軟弱な地盤
- (7) 地震のとき(建物)の中にいた方います。その家(建物)の構造は次のどれですか。
1 木造 2 コンクリート造 3 その他()
- (8) その家(建物)は何階ですか。
1 平屋建て 2 2階建て 3 3~5階建て 4 6~9階建て 5 10階以上
- (9) あなたは, 地震のときどの階にいましたか。
1 地階 2 1階 3 2階 4 3~5階 5 6~9階 6 10階以上
- (10) その家(建物)が建てられたのはいつ頃でしょうか。
1 最近1~2年 2 3~9年前 3 かなり古い 4 非常に古い
- (11) あなたは地震のとき, 電灯やスイッチのひも, カレンダーなど, 吊るしてあるものがゆれ動くのを認めましたか。
1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 ぶずかにゆれた 4 かなり激しくゆれた 5 非常に激しくゆれた
- (12) 台所の洗い桶, 風呂の水, 金魚鉢等の水, 又はガラスビンの中のものの動きは如何でしたか。
1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 わずかに動いた 4 かなり動いた 5 激しく動いた 6 あふれる程に, 激しく動いた

図-1 アンケート書式(一部)

回答者約2500人の地震を感じた場所の経緯度を, 東京大学空間情報科学研究センターのCSVアドレスマッチングサービス(<http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/~sagara/geocode/overview.html>)で確定し, ArcView8.3でポイントのshapeファイルとし, それを回答者分布図にした。すでに回答結果からの様々な被害分布図(客観的指標(食器, 瓶類, 家具, 家屋の揺れ), 主観的指標(驚き, 怖さの程度)が報告された⁵⁾。ここでは文献4)を参照し, アンケートの調査票1枚ごとに式1を経てアンケート震度 I_Q を求め, 次に式2を経て気象庁震度 I_{JMA} を求めた。

$$\text{式1} \quad I_Q = \frac{\alpha}{N_e} \sum_i^{N_e} m_i \beta_i(m)$$

$$\text{式2} \quad I_{JMA} = 2.958 \times (I_Q - 1.456)^{0.547}$$

ここで I_Q はアンケート震度, α は条件係数, N_i は質問事項 i での回答番号, m_i は震度に関わる質問事項中の有効回答数, $\beta(m_i)$ は m_i に対応する震度係数, I_{JMA} は気象庁震度である。次に震度 V を超えると気象庁震度 (I_{JMA}) が実際の観測値より小さくなるための修正法 0.7 を適用し, 気象庁震度 (I_{JMA}) が 4.5 以上の計算結果を式 3 で補正した。

$$\text{式3} \quad I_1 = 1.684 \times e^{0.220 \times I_0}$$

ここで I_1 は改定法による震度, I_0 は在来法による気象庁震度である。推定震度 (I_1) と回答者分布図をリンクさせ, ArcView8.3 の Spatial Analyst により Inverse Distance Weighted の方法でメッシュサイズ 500m の補間を行い震度分布図とした。

2) 踏査による福岡市市街地の被害分布図

福岡市博多区と中央区を中心に道路沿い 1804 地点の構造物(木造建物, 鉄筋建物, 壁, 床・地面)に生じた亀裂(写真-2)に関し, ダム等の基礎岩盤にある割れ目の区分を参考に被害程度を記録した。木造建物は 1F と 2F 以上に, 鉄筋建物は 2F 以下と 3F 以上に区分し, それぞれ亀裂の規模で 1-5 に階級区分した。花壇や駐車場などの四角囲みの壁について亀裂の開口量(mm)を計測し, 家屋境界のブロック塀は脱落の程度で 1-4 に階級区分した。床・地面に関し, 床タイル破損を横隙間として 1-3 に, 柱・壁と床・道路境の破壊を縦隙間として 1-3 に階級区分し, 床・道路に生じた亀裂は開口量(mm)を計測した。

構造物の類型に対する被害の階級区分や開口量の共存状態を, 調査中の記録や分布の近接性から確認し,



写真-2 亀裂の状況

表-1 被害程度を表す階級区分と構造物の類型

類型	設定した階級区分							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A-1 木造1			1	2	3	4		
A-2 木造2		1	2	3	4			
B-1 鉄筋1				1		2		3,4
B-2 鉄筋3				1		2		3,4
C-1 壁亀裂				1-3	4-6	7-10	11-35	
C-2 壁フタ脱					1	2	3	4
D-1 横隙間				1		2		3
D-2 縦隙間				1		2		3
D-3 道路亀裂				1	2	3-4	5-6	7-55

地物の被害程度を表す階級区分 1-7 を設定した(表-1)。ArcView8.3 で被害地点の shape ファイルを作成した。各地点の階級区分を地震による被害程度の階級区分 1-7 に再区分した。ArcView8.3 の Spatial Analyst により Inverse Distance Weighted の方法でメッシュサイズ 20m の補間を行い被害分布図とした。

3. アンケートによる震度分布の特徴

北部九州の震度(図-2)は, 福岡平野①, 筑紫平野②, 直方平野③などの沖積低地, 震源に近い糸島半島④, 志賀島⑤, 北西から南東に延びる活断層(警固⑥, 西山⑦)の近傍で大きい。逆に, 震度は震源から見て山地・丘陵地の陰になる⑧や⑨で小さい。久留米⑩は地盤の良い台地にも関わらず震度が大きい。福岡市中心部を見ると(図-3), 震度は福岡市の中央区, 博多区, 西区の沖積低地①と埋立地②, 春日市, 大野城市, 宇美町などの背振山地の震源側山麓③で大きい。しかし粕屋町から福岡市南区までの範囲④では震度が比較的小さい。このようにアンケートによる推定震度は, 地形や地質の特徴と良く対応する。

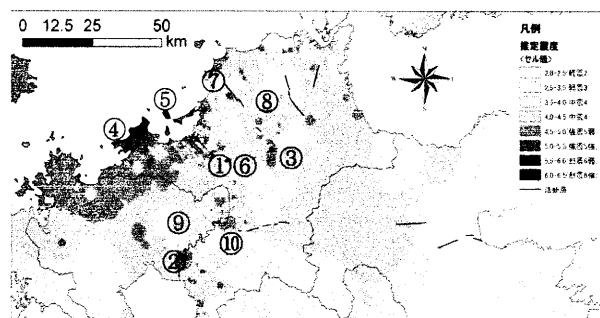


図-2 北部九州の震度分布

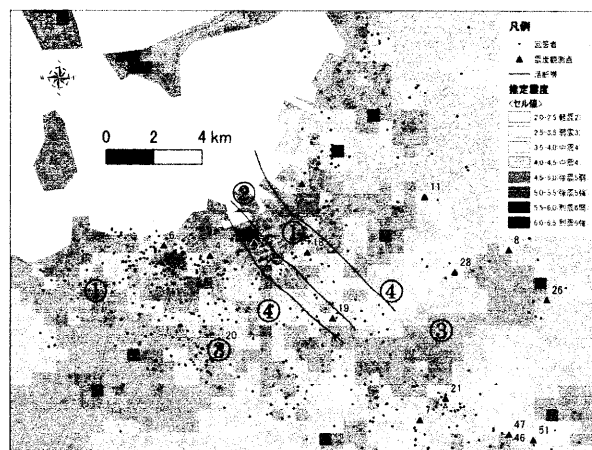


図-3 福岡市中心部の震度分布

北部九州の 225 点の観測震度と推定震度を比較した(図-4)。平均値では烈震 6 弱に対して 4.91, 強震 5 強に対して 4.45, 強震 5 弱に対して 4.19, 中震 4 に対して 4.02, 弱震 3 に対して 3.70, 軽震 2 に対して 3.28 を得た。強い震度で推定震度も確実に高い。ただ推定震度は高震度領域で若干低く, 低震度領域では若干高めとなった。これは GIS による震度の補間では結果が

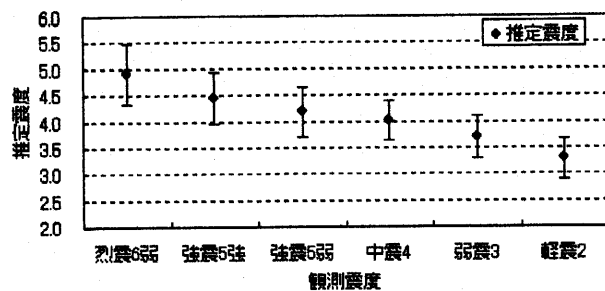
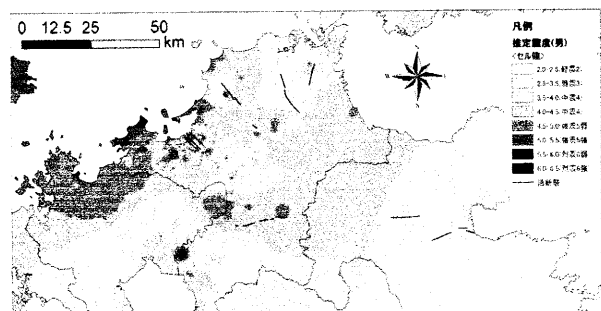


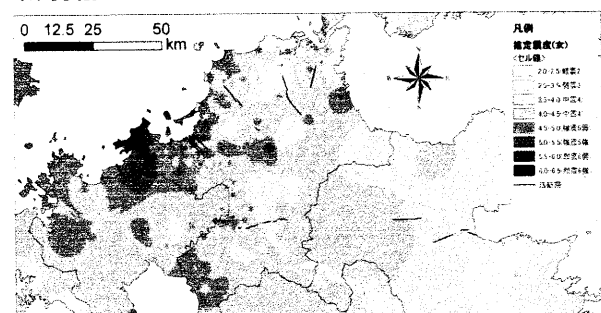
図-4 観測震度と推定震度

平滑化されるため、狭い領域の極端な震度を表現しにくいためと考えられる。

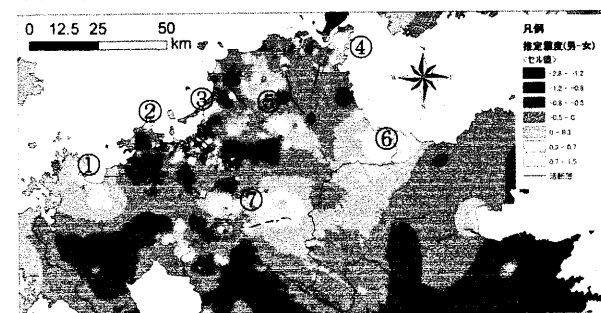
男女で地震時の驚きや怖さの程度の分布が異なるため⁵⁾、性別による推定震度分布を比較した(図-5(1),(2))。両者の推定震度分布は図-2に共通する特徴を持つが、両推定震度には多少の相違点がある。まず女性による震度が全体的に高めである。次に男性と女性の推定震度の差分を計算し相違点を明確化した(図-5(3))。男性による震度が高い場所は、東松浦①、糸島



(1) 男性による推定震度



(2) 女性による推定震度



(3) 男性と女性の推定震度の差

図-5 性別の震度分布

②、海ノ中道③、企救④等の半島と、直方⑤や大分⑥、筑紫平野⑦にある。この結果は、アンケートによる震度分布図作成において、回答者の属性は平均的であることが求められるとともに、災害後の心理的援助では

地域を考慮する必要性も示している。

4. 踏査による福岡市市街地の被害分布の特徴

1) 被害分布と地質との関係

図-6は福岡市市街地の被害分布図に基盤深度を併記した。福岡市市街地では被害の大きい場所と小さい場所が混在する。図中央部に0.5・1km幅で北北西から南南東に延びる被害の大きい帯があり、また海岸低地及び戦後の埋立地のある海岸付近は概ね被害が大きい特徴がある。警固断層の東側①は基盤深度が50mより深い、そこでは被害が大きく、その西側では急減する。海岸付近では、那の津断層の東側②の基盤深度が35mより深い、そこでも不明瞭ながら被害が大きく、その西側では若干小さい。東から警固断層に向かって延びる埋没谷が認められる③では被害が大きい。那の津断層東側で基盤深度が急に浅くなる地下の尾根状地の④と⑤では被害が小さい。大濠公園を通る基盤深度の相対的に深い南南東-北北西方向の埋没谷⑥に沿って被害が大きい。そのほか丘陵地およびその近傍で基盤深度の浅い⑦や⑧では全体的に小さな被害である。

したがって、福岡市市街地の被害は基盤深度の深い場所で大きく、浅い場所では小さい。

2) 被害分布と地形との関係

より細かく見ると基盤深度のほぼ等しい場所でも被害程度に差がある。そこで被害分布と地形との関係も検討した。図-7は被害分布図に地形境界線を併記した。周囲に比べて被害程度の大きい場所は、おおむね軟弱な地盤のある沖積低地に位置する。たとえば、砂丘地域に沖積低地が入り込んでいる①、丘陵地の谷に沖積低地(谷底低地)がある②などで、周囲より被害が大きくなった。逆に周囲に比べて被害程度の小さい場所は、周囲より地盤の高い場所に位置する。たとえば、御笠川の自然堤防に位置する③、那珂川の自然堤防に位置する④や⑤、那珂川よりも東方の砂丘上にある⑥や⑦などでは周囲より被害が小さくなった。

したがって、福岡市市街地の被害は地形的には自然堤防と砂丘で小さく、沖積低地または沖積低地と丘陵地との境界で大きい。

5. まとめ

アンケートの被害情報から北部九州に対し震度分布図を作成した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 北部九州全体では震源近傍とともに沖積低地や活断層近傍で震度が大きく、震源から見て山地・丘陵地の陰になる場所では小さい。
- 2) 福岡市中心部では、沖積低地と埋立地で大きく、また背振山地の震源側山麓に震度の大きい地域がある。
- 3) アンケートとGISによる推定震度は観測震度とおおむね良い対応を示す。

4) 性別にみると推定震度は女性の方が高いが、場所により男性の方も高いため、アンケートによる震度分布図作成では、回答者の属性が平均的であることが求められる。

踏査から福岡市市街地に対する被害分布図を作成した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 地盤条件の悪い警固断層近傍と海岸付近では被害程度が大きい。
- 2) 断層の東側や埋没谷で基盤深度の深い場所では被害程度が大きくなり、逆に地下の尾根状地や丘陵地近

傍の基盤深度の浅い場所では被害程度が小さい。

3) 自然堤防と砂丘では被害程度が小さい。

4) 沖積低地、沖積低地と丘陵地の境界では被害程度が大きい。

参考文献

- 1) 国土地理院(2005)：福岡県西方沖を震源とする地震災害状況図(3月20日)。
- 2) 京都大学大学院都市社会工学専攻ライフライン工学講座／構造ダイナミクス研究室(2005)：2005年3月

20日に福岡県西方沖で発生した地震被害調査速報。
<http://eqgate.kuci.v.kyoto-u.ac.jp/Japanese/fukuoka2005/Fukuoka2005.html> (2006年7月4日閲覧)

3) (社)地盤工学会(2005)：「福岡県西方沖地震」調査報告会、調査結果第4報。73p。
<http://www.jiban.or.jp/saigai/sokuho-kyusyu.html> (2006年7月4日閲覧)

4) 太田裕・後藤典俊・大橋ひとみ(1979)：アンケート方式による地震時の震度の推定。北海道大学工学部研究報告，92号，117-128。

5) 黒木貴一・磯望・後藤健介(2006)：アンケートとGISによる福岡県西方沖地震の実態調査の試み。自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，30号，127-130。

6) 太田裕・小山真紀・中川康一(1998)：アンケート震度算定法の改訂-高震度領域。自然災害科学，16(4)，307-323。
 7) 小山真紀・太田裕(1998)：アンケート震度の気象庁震度への略算変換式。自然災害科学，17(3)，245-247。

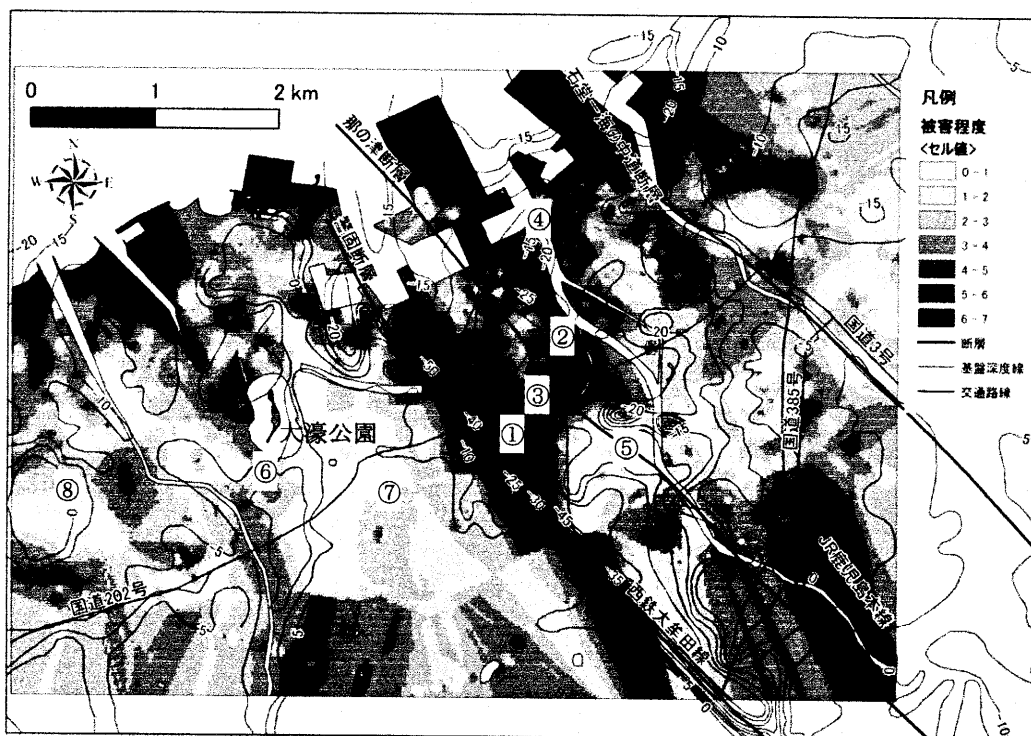


図-6 福岡市市街地の被害分布と基盤深度

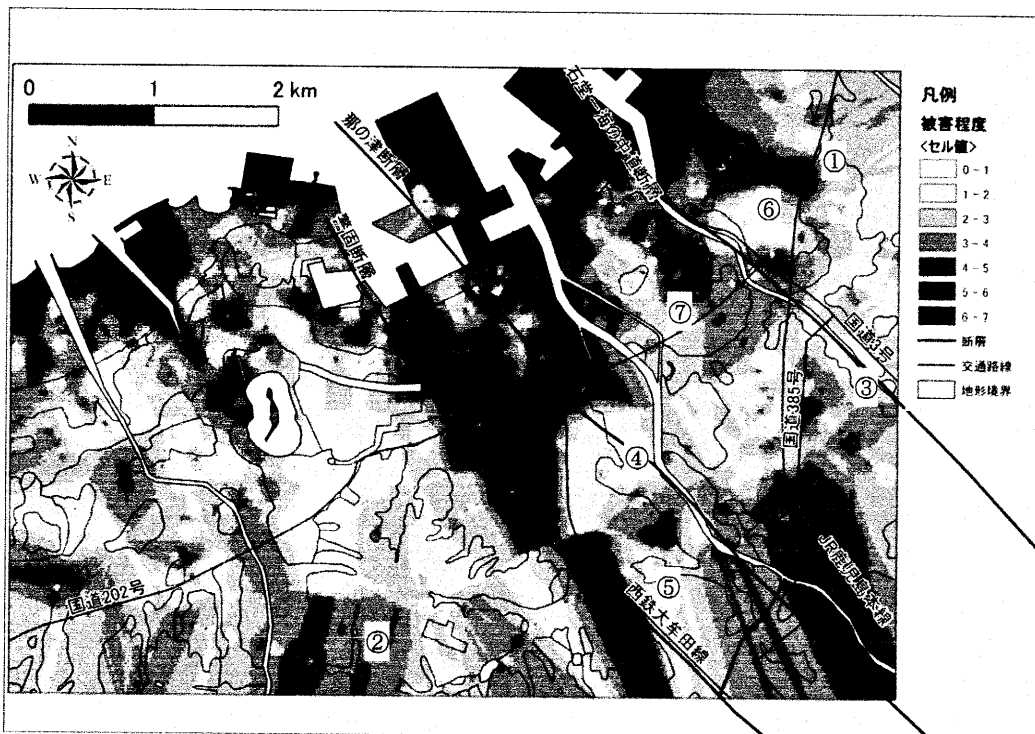


図-7 福岡市市街地の被害分布と地形区分