

岡山平野の基盤構造モデルからみた 昭和および安政の南海地震の被害分布

西村 敬一

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

1. はじめに

小論の目的は、来たるべき南海トラフの巨大地震に備えるための基礎資料として構築した岡山平野の基盤構造モデルを、昭和および安政の南海地震による被害分布と照らし合わせて検証することである。ここで基盤構造モデルとは、重力探査法を用いて推定した花崗岩質の岩盤の深さと形状を表す3次元モデルであり、その概要は調査地域の拡大に応じて逐次報告してきた^{1)~2)}。また、基盤構造モデルの地学的意味についても予察的に検討した³⁾。

岡山平野の基盤構造調査を始めた理由は、1995年阪神・淡路大震災の教訓、すなわち、この地震による家屋損壊の大被害が「震災の帯」と呼ばれた帯状地域に集中した原因を明らかにするためには、表層の軟弱地盤だけでなく深い岩盤の深さと起伏を調べなければならないという教訓に学んだからである。そして、この立場からみたとき、岡山などで公表されている「ゆれやすさマップ」(震度分布の予測図)では深い岩盤の影響が考慮されていないため、見直しが必要ではないかと考えたからである。

岡山平野の児島湾西方の干拓地について、構築した基盤構造モデルと1946年昭和南海地震による被害分布との関係を調べた結果、花崗岩質基盤の深さと形状が被害分布を左右する重要な要因になったことが強く示唆された²⁾。そこで、小論では、対象地域を挙げ、1854年安政南海地震による被害分布の史料をも調べることによって、基盤構造モデルの検証を一步進めることにした。

2. 岡山平野の基盤構造モデルの概要

まず、基盤構造モデルに関するおもな図と用語を説明する。図1は岡山平野を念頭においた地下構造の模式図であり、震源断層から放射された地震波が地表の地点Pに到達する様子が波線経路で示されている。地震波の伝播を考える場合に必要な情報は、地下構造を構成する岩石の物性(密度と地震波の伝播速度)であるため、おもにS波の伝播速度を基準にして地層の

区分が行われる。図1の「工学的基盤」は工学分野で使用される用語で、構造物を設計するときの良好な基盤を意味する。「地震基盤」は地震波の振幅・位相に対する影響が比較的小さい基盤を意味し、多くの場合、花崗岩質の岩石で構成されている。それ以深は、深さとともに地震波速度が増大すると考えるのが通常モデルである。

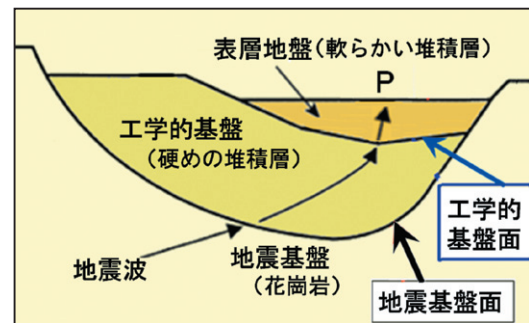


図1 岡山平野を念頭においた地下構造の模式図

1995年阪神・淡路大震災の被害が「震災の帯」に集中したおもな原因は、地震基盤面の深さと起伏による地震波の「焦点効果」であることが、多くの研究によって明らかにされている⁴⁾。図2は、「焦点効果」の模式図である。このしくみを被害地域の3次元構造モデルに適用するシミュレーションが行われ、地表における地震波の集中域が「震災の帯」に対応することが示された。

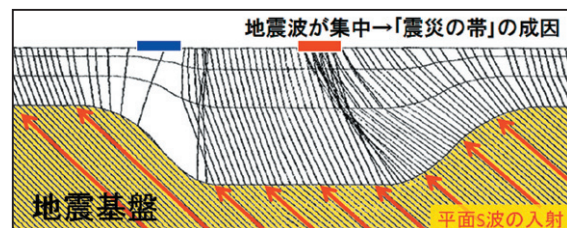


図2 地震基盤面の深さと起伏による地震波の「焦点効果」。地表の赤色と青色の領域が、それぞれ、地震波線の集中域と非集中域を表す。

図3に、重力探査法によって推定した岡山平野の3次元基盤構造モデル、すなわち、地震基盤面の深さと起伏を示す²⁾。図の最深約370mの地点は岡山県立興陽高校の敷地内にあり、調査ボーリングが深度375mで基盤の花崗岩に着岩したとされているので⁵⁾、重力データの逆解析の際にコントロールポイントの1つとした。図に示した地震基盤面には大小さまざまな凹凸が見られるが、大局的にみて特徴的なのは、ほぼ平行

な方向に伸びる2つの長大な谷状凹地が認められることである。1つは、吉井川の東方から児島湾西方の興除地区の南部まで伸びている谷で、その西南西端付近から南東に灘崎へ伸び、さらに北東へ半円形に曲がる谷を形成している。もう1つは矢坂山と岡山ドームの間から西南西に早島の北、高梁川を経て倉敷市玉島の北部まで伸びる長大な谷である。

図4は、地震波の「焦点効果」(図2)を岡山平野の

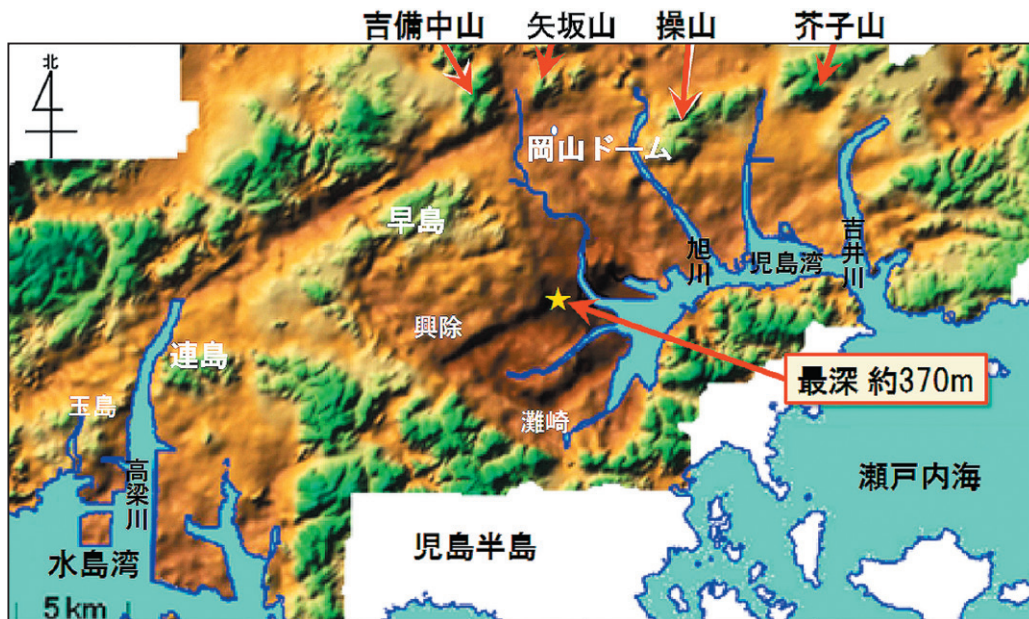


図3 岡山平野の3次元基盤構造モデル。地震基盤面の深さと起伏を表す。

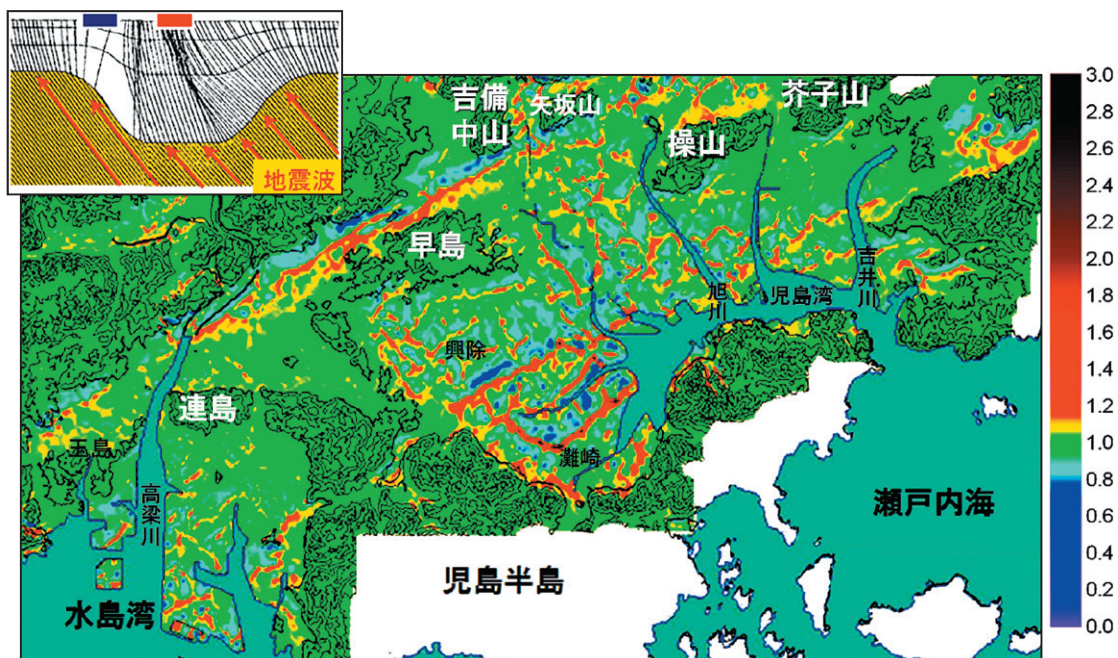


図4 地震基盤面の深さと起伏による地震波の焦点効果。図2と同様、地表における地震波線集中域と非集中域をそれぞれ赤色と青色で示す。

3次元基盤構造モデルに適用した結果である。すなわち、昭和南海地震の震源域から地震基盤面に入射して屈折したS波の波線が、地表のどの部分に集中するか(赤い帯)、しないか(青い帯)を表したものである²⁾。カラースケールは、「焦点効果」が生じない場合を1とした時の集中度/非集中度である。この図を図3と比べると、地震基盤面の起伏に応じて大小の波線集中域/非集中域が見られるが、上述の長大な2つの谷状凹地では集中度/非集中度が高くなっていることがわかる。とりわけ、興除地区の南部と灘崎高崎地区、および、早島の北に位置する庭瀬(岡山市北区)から中庄(倉敷市)にかけての地域の波線集中度が特に高い。

一般に、波線集中度が高ければ震度が強くなり、家屋損壊などの被害が大きくなるはずである。従って、図4の波線集中域と昭和および安政の南海地震による被害分布との関係を調べれば、小論の目的である、南海地震の被害分布による基盤構造モデルの検証になると考えられる。

3. 昭和および安政の南海地震による被害分布と基盤構造モデルの関係

3-1 昭和南海地震による児島湾西方の干拓地における被害分布

基盤構造モデルを検証するための被害分布の史料としては、損壊した建物などの地図上の位置を確定できることが望ましい。これまでに調べた史料のうち、この条件をほぼ満たしているのは、児島湾西方の興除地

区と藤田二区(現在の大曲, 都, 錦)および藤田一区(現在の灘崎高崎地区)における昭和南海地震による全壊家屋の分布である(図5参照)。

まず、興除地区と藤田二区については、地域の防災活動の一環として作成された全壊家屋の分布図があるので、その内容を昭和南海地震の体験者からの聞き取り調査⁶⁾を通じて確認させて頂き、さらに、重力測定中に得た近隣住民からの情報も追加して、国土地理院の「地理院地図」によって個々の全壊家屋の緯度・経度を求めた。また、昭和南海地震の翌年10月にアメリカ軍が撮影した空中写真によって、興除地区と藤田二区の家屋がほぼ一様に分布していたことを確かめた。

一方、藤田一区(灘崎高崎地区)は、地域の防災活動の中で行われた、昭和南海地震による被害についての住民アンケート調査の結果を提供して頂き、聞き取り調査⁷⁾によって確かめたのち「地理院地図」を用いて全壊家屋の緯度・経度を求めた。また、アメリカ軍撮影の空中写真から、藤田一区では、倉敷川の右岸から南東に伸びる2本の道路のうち、昭和通りには家屋がほぼ等間隔に並び、平和通りには農舎が点在していたことがわかった。そして、それ以外は農地で建物はなかったことがわかった。なお、この地域の住民の間では、昭和南海地震による全壊家屋が昭和通りの北西部にのみ分布し、南東部にはなかったことが1つの「謎」とされていた。図5は、以上の全壊家屋の位置情報を当該地域の波線集中域/非集中域の分布図に重ねたものである。図に見られるように、全壊家屋の多くがS波の

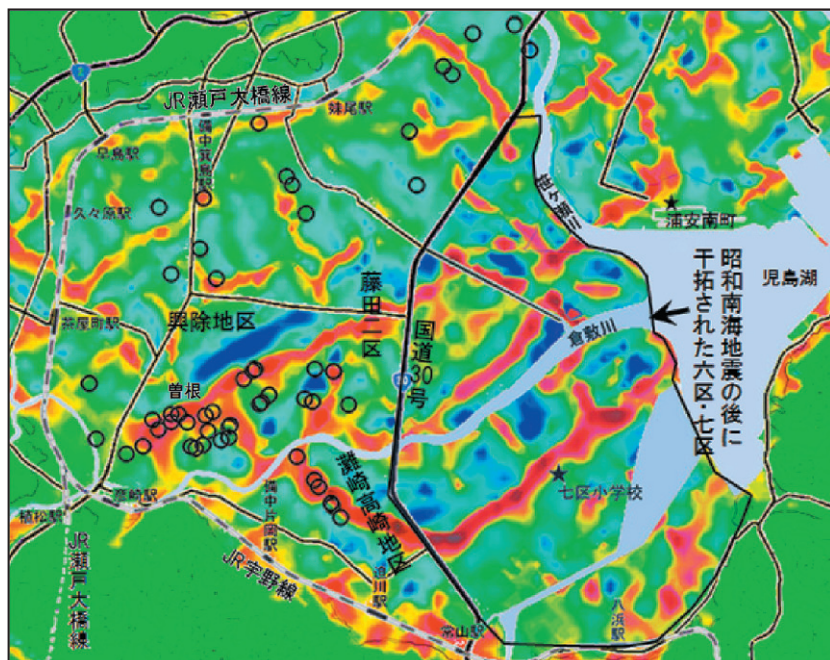


図5 児島湾西方の干拓地である興除地区と藤田二区、および藤田一区(灘崎高崎地区)における昭和南海地震による全壊家屋(○印)の分布とS波の波線集中域(赤色)/非集中域(青色)との関係

波線集中域（赤い帯）の周辺に分布し、特に波線集中度の高い曾根付近に集中している。一方、藤田一区（灘崎高崎地区）では、住民の間で「謎」とされてきた現象、すなわち、昭和通りの北西部にのみ全壊家屋が分布した現象は、図5で濃い赤色の帯が半円形に折れ曲がって昭和通りから離れていることと関連づけて説明できる。これらの特徴は、地震基盤面の起伏による地震波の「焦点効果」が被害の分布に大きい影響を与えたことを示唆している。

3-2 興除地区における安政南海地震による被害の分布

次に、岡山市中央図書館所蔵の藤原文庫にある古文書⁸⁾を参考にして、興除地区における安政南海地震による潰家（全壊家屋）の分布を調べる。古文書には潰家のそれぞれについて、持ち主や坪数がリストされているが、それらの緯度・経度の情報は望むべくもなく、興除地区にあった4つの村（東疇、内尾、中疇、曾根）ごとの潰家の数がわかるだけである。

村ごとの潰家の分布を図6に示す。興味深いのは、昭和南海地震による被害分布（図5）と同じ特徴。すなわち、記載された潰家15軒のうち半数を越える8軒が、地区の南部にある曾根村に集中したことである。

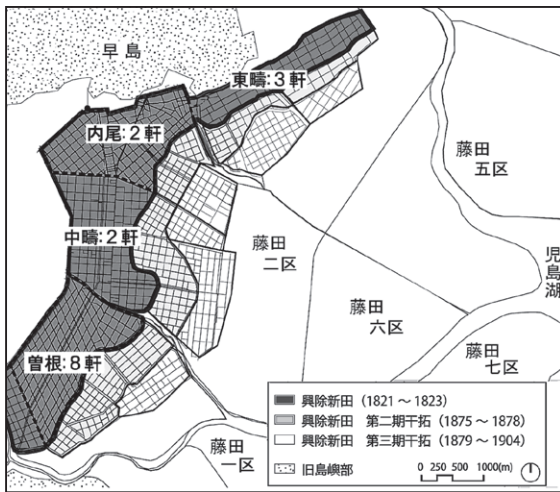


図6 興除地区の4つの村における安政南海地震による潰家（全壊家屋）の数。興除新田・藤田開墾干拓史の図⁹⁾に加筆。興除新田の第二期・第三期干拓は安政南海地震の後に実施。

図5と図6からわかることは、昭和および安政の南海地震による家屋全壊の被害が、いずれも興除地区南部の曾根、すなわち、「焦点効果」による地震波線集中度が最も大きい領域に集中したことである。そして、「焦点効果」が花崗岩質の岩盤（地震基盤）の深さと起伏によってもたらされることから、基盤構造モデル

の検証となっていると考えられる。

3-3 沖新田における昭和南海地震と安政南海地震による被害分布

沖新田は、旭川と吉井川の間位置する干拓地であり、現在では東側の上南地区と西側の操南地区とに分けられているが、両地区の干拓は江戸時代の元禄5年（1692年）から2年余りで完成したとされている¹⁰⁾。

まず図7に、図4に示した「焦点効果」によるS波の波線集中域（赤色）/非集中域（青色）の分布のうち、沖新田の部分を示す。図から、吉井川の東方から伸びる谷（図3）に対応する波線集中域（赤色）が、沖新田の南部に分布することがわかる。

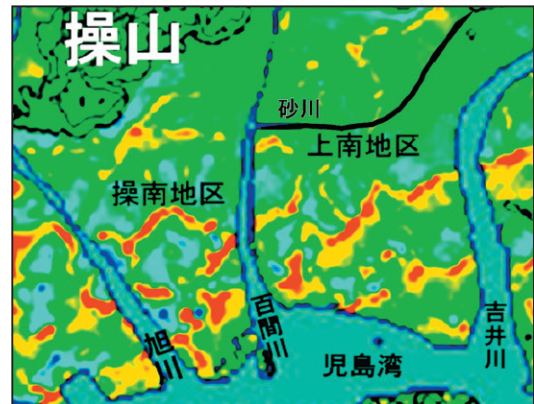


図7 沖新田における「焦点効果」によるS波の波線集中域（赤色）/非集中域（青色）の分布。

この地域における南海地震による被害分布の史料は、昭和の地震についても安政の地震についても、岡山市立中央図書館に所蔵されている。

昭和南海地震に関するものは、地震の3日後（12月24日）に纏められた手書きの一覧表¹¹⁾である。これには震災当時の村ごとの人的被害、家屋損壊数が記されている（当時の重要な財産である家畜の損害も含まれる）。この史料からは個々の損壊家屋の地図上の位置はわからないため、村ごとの被害の分布を調べることにした。また、家屋の損壊数が全壊、半壊、大破に分けられているが、当時も現在も大破の定義は曖昧なため、全壊と半壊を考慮した指標である家屋損壊率¹²⁾を村ごとに計算した。

$$\text{家屋損壊率 (\%)} = \frac{\text{家全壊軒数} + \text{半壊軒数}}{\text{総家屋軒数}} \times 100$$

ただし、地震当時の総家屋軒数は不明なため、地震の翌年に実施された臨時国勢調査による各村の世帯数が代用することにした。

一方、安政南海地震による家屋損壊に関する史料は、

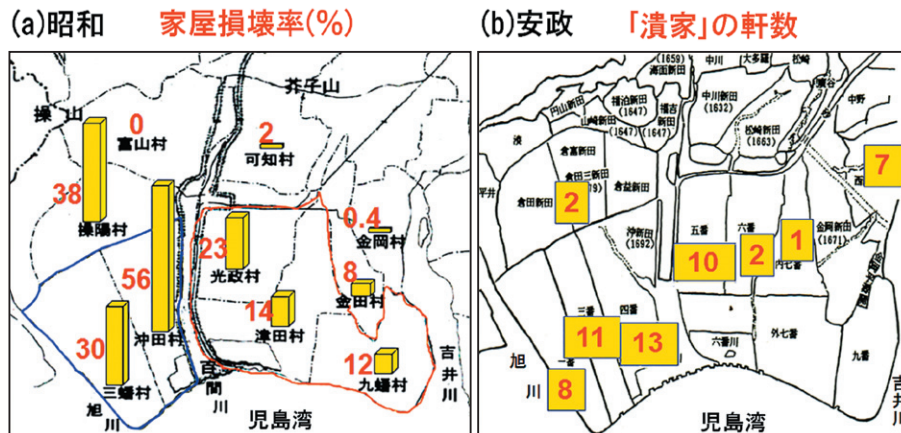


図8 沖新田における (a) 昭和南海地震による家屋損壊率の分布；(b) 安政南海地震による潰家の分布。
 図 (a) の青線・赤線で囲った地域は現在、それぞれ、操南地区と上南地区と呼ばれている。

岡山市中央図書館所蔵の藤原文庫にある古文書¹³⁾ であり、前述の興除地区の場合と同様、当時の村ごとの潰家の持ち主や坪数がリストされている。しかし、個々の損壊家屋の位置は分からないため、村ごとの潰家数をそのまま用いることにした。

このようにして得た史料の情報を、地図上の各村の位置に示したものが図8である。これを図7に示したS波の波線集中域/非集中域の分布と見比べると、どちらの地震の場合も、沖新田南部の波線集中度が大きい区域で被害が大きかったことがわかる。従って、沖新田の場合も、昭和と安政の南海地震による損壊家屋の分布は、花崗岩質の岩盤（地震基盤）の深さと起伏による「焦点効果」で説明しようと考えられる。

3-4 早島の北に位置する地震波線集中域における昭和と安政の南海地震による被害分布

図3で指摘したように、地震基盤の長大な谷が矢坂山と岡山ドームの間から倉敷市玉島北部まで伸びており、「焦点効果」による波線集中度の特に高い区域が、早島の北に位置する庭瀬から中庄にかけての地域に見られる（図4）。

この地域における南海地震による被害分布の史料としては、これまでのところ、昭和の地震については岡山懸警察部（当時）による調査結果一覧表¹⁴⁾、安政の地震については秋岡家文書¹⁵⁾ における記述しか見つかっていない。以下、これら2つの史料から、当該地域の被害に関する情報を抜粋する。

昭和南海地震の被害に関する岡山懸警察部による調査結果の一覧表には、東から順に4つの村について、

| | | | |
|-----|-----|------|------|
| 大野村 | 全壊4 | 半壊40 | 小破30 |
| 白石村 | 全壊4 | 半壊40 | |
| 今村 | 全壊8 | 半壊7 | |
| 吉備町 | 全壊5 | | |

という損壊家屋数が示されている。しかし、国民学校が倒壊した都窪郡庄村（現・倉敷市庄）などにおける被害状況の記述はないので、史料としては物足りない。ちなみに、倒壊した庄村国民学校は、「焦点効果」による波線集中度の特に高い区域内に位置する。



写真1 昭和南海地震によって倒壊した都窪郡庄国民学校。岡山地方気象台所蔵。

安政南海地震による被害については秋岡家文書の中に注目すべき記述がある。この文書は、川入村（現倉敷市川入）の名主であった秋岡惣五郎が、当時の鴨方往来を岡山まで歩いて調べた村々の被害の様子の記録である。それによると、家屋損壊の被害が最も大きかったのは、現在の岡山市北区撫川の定杭を中心とする撫川、庭瀬地区であり、「定杭目もあてられぬ事二候」と記している。この地区が、現在の県道岡山倉敷線と山陽本線の間、「焦点効果」による波線集中度が特に高い区域内に位置することは注目に値する。

このように、早島の北に位置する地震波線集中域における被害分布からも、基盤構造モデルとの関係が示唆されるが、それを地図上に表すのに必要な情報が不

足しているため、今後、関係史料を収集して検討を続けたいと考えている。

4. まとめ

重力データから推定した岡山平野の地震基盤面の3次元構造モデルを検証するために、南海地震の震源域から伝わったS波が基盤面で屈折して地表に集中/非集中する度合いを波線理論を用いて計算し、昭和と安政の南海地震による損壊家屋の分布と比較した。その結果、甚大な被害が生じた児島湾干拓地の興除-藤田地区と沖新田地区では、損壊家屋の多くが波線集中度の特に高い区域に分布することが明らかになった。この関係は、表層軟弱地盤の影響しか考慮されていない現行の「ゆれやすさマップ」(震度分布の予測図)を見直す必要があることを示唆している。

波線集中度の特に高い区域は、早島の北に位置する庭瀬から中庄にかけての地域にも見られるが、被害分布の史料が乏しいため、今後の課題として残された。

岡山市中央図書館所蔵の古文書^{8),13)}を翻刻して頂いた小田寿子さんに厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Nishimura, K., Akamatsu, J. and Komazawa, M., Proc. 15th World Conf. on Earthquake Engineering, 7890-7898 (2012).
- 2) 西村敬一, 岡山理科大学技術科学研究所年報, 第35号, 45-57 (2017) の図に加筆.
- 3) 西村敬一, 岡山の自然と文化, 38, 3-22 (2019).
- 4) 例えば中川康一, 『阪神・淡路大震災』, 257-269 (1996); 額額一起, 科学, 39, 66-71 (2000).
- 5) 多井義郎, 広島大学地学研究室報告, 14, 13-24 (1965).
- 6) 新谷美沙紀, 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科平成25年度卒業研究 (2012).
- 7) 蔵座瑞規, 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科平成25年度卒業研究 (2014).
- 8) 児島郡興除新田東疇潰家御差別願上帳; 同・内尾; 同・中崎; 同・曾根.
- 9) 堀尾菜摘, 九州大学大学院人間環境学府修士論文 (2014).
- 10) 安倉清博, 『上道郡沖新田』 (2008).
- 11) 管内震災被害状況 (昭和21年12月24日現在).
- 12) 宇佐美龍夫, 『最新版 日本被害地震総覧』 (2003).
- 13) 嘉永七年寅十一月大地震潰家書上帳 上道郡沖新田一番; 同・三番; 同・四番; 同・五番; 同・六番; 同・内七番; 同・金岡村; 同・倉田村.
- 14) 岡山測候所, 昭和21年12月21日地震調査記録・被害調査 (岡山懸下) に引用されている.
- 15) 秋岡家文書 (先考遺筆 二), 『岡山県史』, 22 (備中家わけ史料), 1213-1215 (1987).

Damage distributions during 1946 Showa- and 1854 Ansei Nankai earthquakes in view of 3D basement structure of the Okayama plain, West Japan

Keiichi NISHIMURA

*Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan*

Distribution of heavy damages during the 1946 Showa- and the 1854 Ansei Nankai earthquakes was compared with the 3D bedrock (seismic basement) structure of the Okayama plain deduced from gravity anomalies. To do this, the effect of 3D focusing of seismic waves due to the bedrock topography was examined assuming plane S-waves arriving from the source area of the Nankai earthquake. As a result, a close spatial correlation was found between the location of trough-like depressions where seismic rays focused and that of the heavily damaged zones. This suggests that the effect of bedrock topography on earthquake ground motion should be taken into consideration for seismic hazard assessment.

Keywords: 3D bedrock structure; focusing/defocusing of seismic wave; damage distribution during great Nankai earthquakes.