

距離減衰式から推定される面的震度分布と 1914 年桜島地震への応用

理工学研究科 小林励司

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震を契機に、地震調査研究推進本部はハザードマップ「全国地震動予測地図」(2008 年までは「全国を概観した地震動予測地図」)を作成し、公表している。これには、2 つの問題点がある。1 つは、確率が住民に理解されにくいことである。比較的低い確率の数値が示されると危機感が薄くなる。実際に 2016 年熊本地震の前は、熊本県では危機感が薄かった。もう 1 つは、予測に用いるデータが少ないため不確定さが大きく、また予測手法の検証も不十分で信頼性が落ちるといえる点である。

そこで我々は、より住民に理解されやすく、またより不確定さが小さく、手法も確立されていると思われる方法で、過去最大震度の面的分布図作成を提案する。これはそれぞれの土地で過去最大で震度いくつの揺れを経験したかが分かる地図である。

同様の分布図はすでに Miyazawa and Mori (2005, 2009)によって作成されている。彼らの方法は、震度が得られている地震に関して、観測点間の震度を線形補間によって求めている。そのため、震度が複数の場所で推定されていることが必要である。

そこで、本研究では、距離減衰式を用いた面的震度分布の推定を行う。これによって、震度が複数点で得られていない場合でも、震源が分かっていたら面的な震度分布を推定することができる。

この報告書では、まず距離減衰式から面的震度分布を求める方法を示す。これを 1914 年桜島地震に適用した。ここでいう桜島地震は 1914 年 1 月 12 日の桜島の噴火に伴って起こった被害地震をさす。

これまで筆者らはこの地震について被害から鹿児島市街地での震度分布を推定してきた。その結果、推定時の仮定によるが、最大震度が 5 強または 6 弱となった。しかし、震源は鹿児島市街地に近く、またマグニチュードが 7 と推定されている地震にしては震度が小さすぎるように思われた。これを確実に示すことを目的に、本研究の手法で面的な震度分布を推定し比較した。

2. 手法

震度に関する距離減衰式については、森川・他 (2010)を用いた。これは、地震のマグニチュード、断層最短距離、地盤増幅特性のための補正項、異常震域に対応するための補正項、に依存する式である。

断層最短距離に関しては、標高も影響してくる。本研究では、国土交通省国土政策局がウェブ上で公開している国土数値情報標高・傾斜度 5 次メッシュデータを用いた。250 m メッシュであり、広域を面的に表すには十分な細かさである。

地盤増幅特性のための補正項は、表層 30 m までの平均 S 波速度 (V_{s30}) を用いて求めている。本研究では、防災科学技術研究所のウェブサイト、地震ハザードステーション (J-SHIS) で公開されている表層地盤のデータに含まれる V_{s30} のデータを用いた。

異常震域に対応するための補正項については、火山フロントからの距離を用いている。火山フロントの位置は地震調査研究推進本部 (2014)によった。

3. 1914 年桜島地震での例

1914 年桜島の地震に関して、これまで建物被害から震度分布を評価してきた (例えば、小林・他, 2017)。評価方法は武村・虎谷 (2015)を適用した。建物被害のデータは今村 (1920)から得た。評価するにあたって、1 戸あたりの住家数が不明であることから、2 つのケースを仮定して評価を行った。その結果、一方のケースでは最大震度が 6 弱、もう一方のケースでは最大震度が 5 強となった (図 1)。

桜島地震の震央とマグニチュードについては、いくつかの研究があるが、理科年表では宇津 (1979) の結果が採用されている。震央は (31.6° N, 130.6° E)、マグニチュードは 7.1 である。一方、阿部 (1981) は震央を (31.5° N, 130.6° E)、マグニチュードを 7.0 と推定している (図 2)。いずれにしても鹿児島市街地から近い。この距離とマグニチュードの割には、最大震度が小さい。

それを定量的に示すために、本研究の手法で距離減衰式から面的な震度分布を計算する。小林・他 (2017) でも、距離減衰式から震度を計算したが、このときは市街地の各町の中心の震度を計算していた。したがって断層最短距離の値や V_s30 の値を各町の中心のみを考えていた。この場合、中心の 1 点はその町を代表してしまう。震源が近いため、同じ町でも断層最短距離の影響は大きく変わる。また同じ町でも地盤は変化している。そのため、面的な推定をすることが妥当である。

手法に示したように国土交通省国土政策局のウェブサイトで公開している標高と、防災科学技術研究所の地震ハザードステーションで公開されている V_s30 のデータを用いた (図 3)。なお桜島地震に関しては、浅い地震であるため異常震域の影響は考えなくて良い。

桜島地震に関しては、断層モデルがない。そのため、震源が断層の端で、鹿児島市街地から最も近い点と仮定し、震源距離を断層最短距離とした。

図 4 に距離減衰式で計算した面的な震度分布を示す。震央とマグニチュードは宇津 (1979) のものを用いた。また震源の深さについては、宇津 (1979) ではごく浅いとされているため、1 km とした。鹿児島市街地では、震度 6 弱~6 強となった。 V_s30 の分布図 (図 3) と比較すると、地盤の影響を大きく受けているのが分かる。建物被害から評価した震度分布 (図 1) と比較すると、全体的にかなり大きい。

そこで、震央を鹿児島市街地から少し離れた阿部 (1981) のものを用い、さらに M を 7.0、震源の深さを 10 km とした。その結果を図 5 に示す。鹿児島市街地では、震度 5 強~6 弱となり、全体的に小さくなった。しかし、まだ図 1 よりもまだ明らかに大きい。

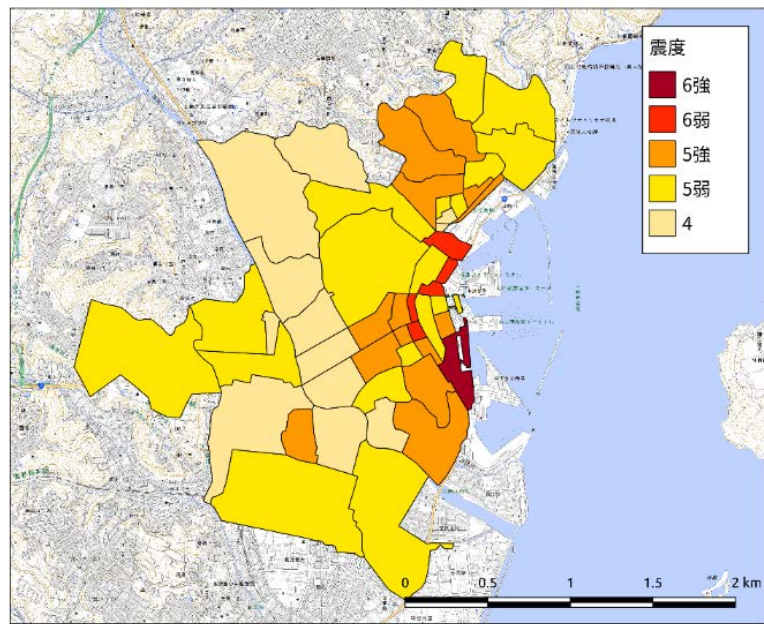
以上のことから、建物被害から評価された震度分布は、震源とマグニチュードから予測される震度よりも明らかに小さいことが示された。この原因としては、(1) 震源がより遠い、(2) マグニチュードがより小さい、(3) その他の震源の特性、が考えられる。(1) の震源の位置に関しては、複数の研究でこの付近に決まっていることから、これ以上は動かしがたい。(2) のマグニチュードについても同様である。(3) のその他の震源の特性については、震度に大きく影響する比較的短周期の地震波が弱く、マグニチュードに大きく影響する比較的長周期の地震波が強かった可能性が考えられる。これについては火山性地震であることから、流体の影響などが考えられるかもしれない。また、地震波が強く放射された領域が震源から離れていた可能性も考えられる。しかし、この場合は広域の震度分布との比較が必要になる。これについては今後の課題である。

今回示した手法によって、震源が明らかな場合に面的な震度分布を推定することができた。1914 年桜島地震では震源断層が不明だったので震源を用いたが、森川・他 (2010) は断層最短距離を使っていることから震源断層が明らかな場合はそれを使った方が良い。すでに試験的に熊本県と鹿児島県においては、明治以降の地震において予備的な結果を得ている。今後はまずは九州全域での最大震度分布作成を目指す。ただし、1914 年桜島地震のように、実際の震度から外れる地震も含まれる可能性には注意する必要がある。

謝辞

標高データは国土交通省国土政策局のウェブサイトから、 V_s30 のデータは防災科学技術研究所地震ハザードステーション (J-SHIS) から入手した。 V_s30 の分布図も J-SHIS による。他の作図には Generic Mapping Tools (Wessel and Smith, 1998) および QGIS を用いた。鹿児島市街地の町界は鹿児島市統計書から得た。鹿児島市統計書は国立国会図書館デジタルコレクションから入手した。

(a)



(b)

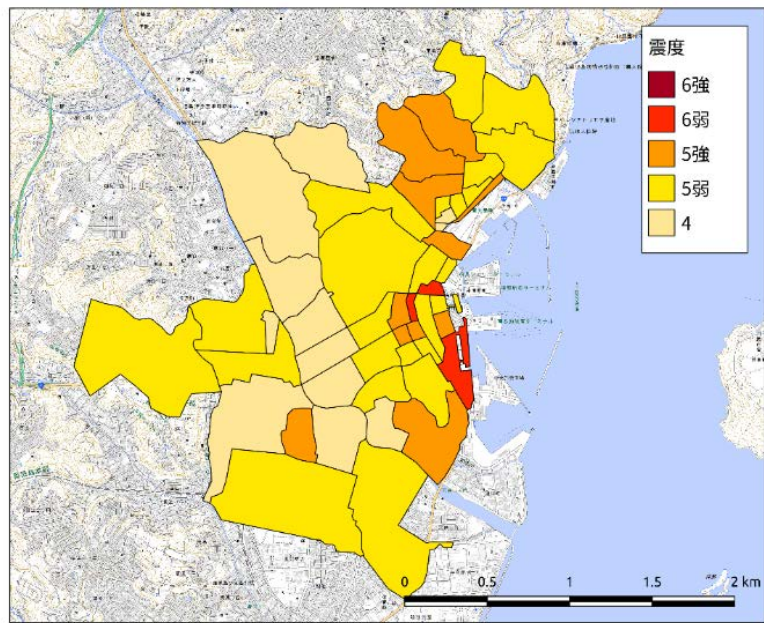


図1. 1914年桜島地震について建物被害から評価した震度。背景の地図は地理院地図の淡色地図。(a)は1戸あたりの住家数を1棟と仮定したもの。(b)は1戸あたりの住家数を1.69としたもの。これは汐見町で住家の被害数を全戸数で割ったものである (小林・他, 2017)。

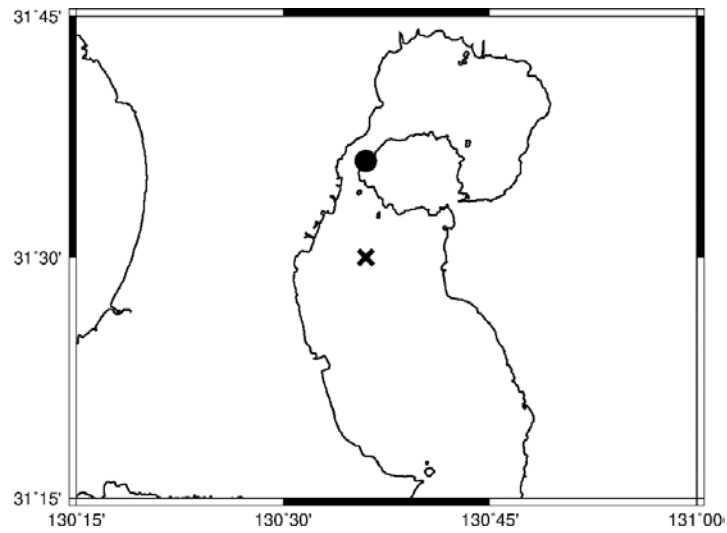


図 2. 1914 年桜島地震について推定されている震央。●は宇津（1979）、×は阿部（1981）による。

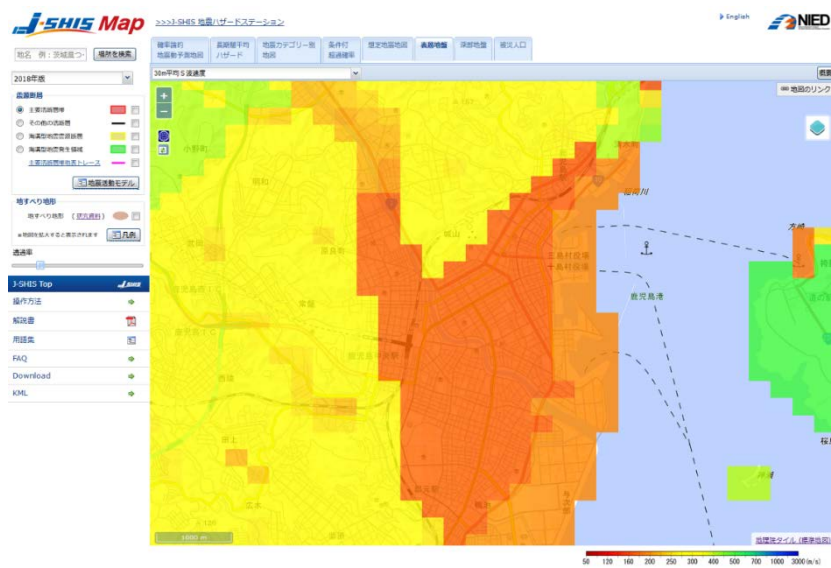
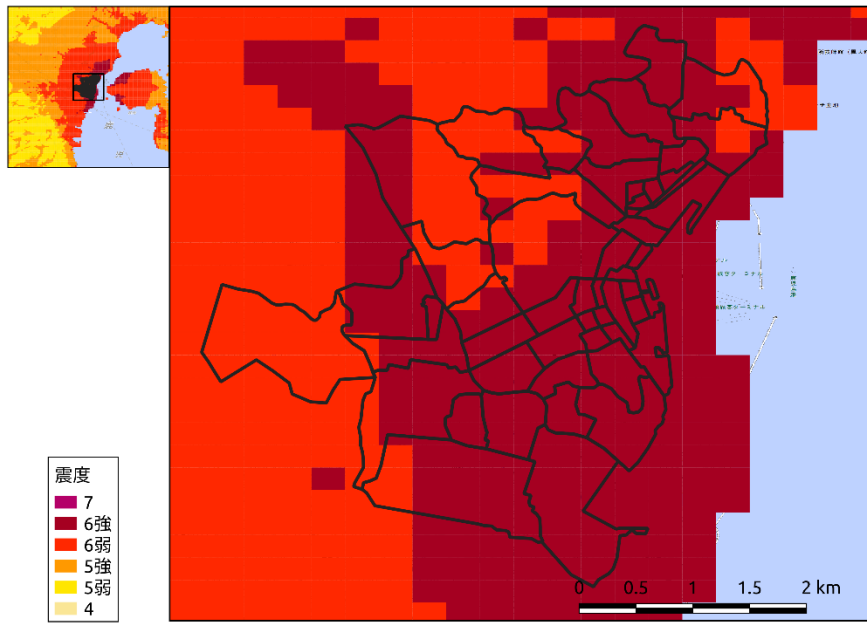


図 3. 表層 30 m までの平均 S 波速度 (V_{s30}) の分布。防災科学技術研究所の地震ハザードステーションによる。

(a)



(b)

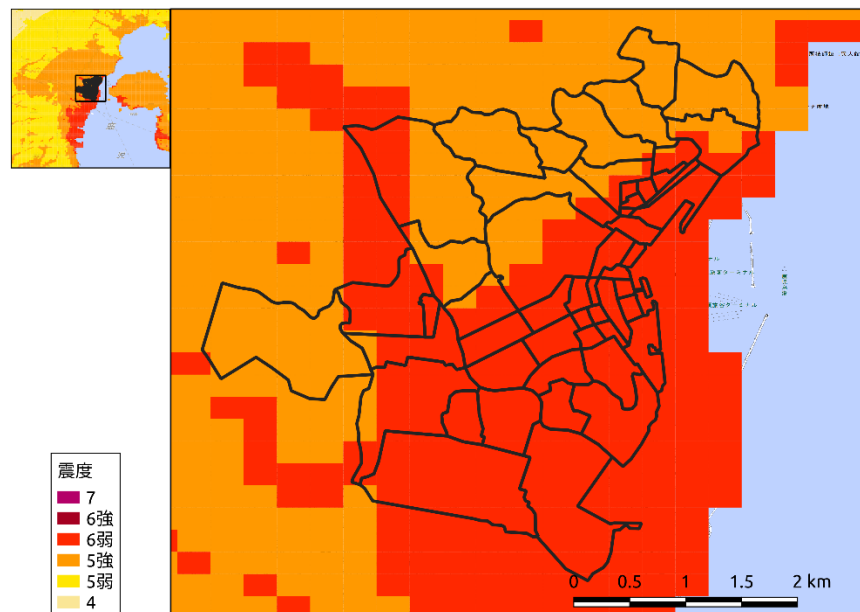


図4. 距離減衰式から求めた震度分布。(a) 宇津 (1979)の震央を採用し、震源の深さを1 km、マグニチュードを7.1とした場合。(b) 阿部 (1981)の震央を採用し、震源の深さを10 km、マグニチュードを7.0とした場合。それぞれの左上の図は広域図。

参考文献

- 阿部勝征, 桜島地震の震源とマグニチュード, 北海道大学地球物理学報告, 39, 57-62, 1981.
- 今村明恒, 九州地震帯, 震災予防調査会報告, 92, 1-94, 1920.
- 地震調査研究推進本部, 全国地震動予測地図 2014 年版～全国の地震動ハザードを概観して～
付録-1, < https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2014/>, 2014. (参照 2019-01-31)
- 小林励司・古屋幸菜・桑原大樹, 1914 年桜島の地震の震度分布および震源断層の位置とマグニチュードの検証, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, SSS15-P11, 2017.
- Miyazawa, M. and J. Mori, Historical maximum seismic intensity maps in Japan from 1586 to 2004: Construction of database and application, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 48C, 2005.
- Miyazawa, M. and J. Mori, Test of seismic hazard map from 500 years of recorded intensity data in Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 99, 3140-3149, 2009.
- 森川信之・神野達夫・成田章・藤原広行・福島美光, 近年の強震動記録に基づく計測震度の距離減衰式, 北海道大学地球物理学研究報告, 73, 149-158, 2010.
- 武村雅之・虎谷健司, 1944 年東南海地震の広域震度分布の再評価と被害の特徴, 日本地震工学会論文集, 15, 2-21, 2015.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Amer. Geophys. U., 79 (47), pp. 579, 1998.
- 宇津徳治, 1885 年～1925 年の日本の地震活動—M6 以上の地震および被害地震の再調査—, 地震研究所彙報, 54, 253-308, 1979.