

福岡市西区小呂島における地域特性を考慮した 津波避難に関する基礎的検討

Preliminary Study on Tsunami Evacuation Based on Strong Motion Prediction
at Residential Cluster in Oro Island, Fukuoka Prefecture, Japan

○山内政輝¹, 秦吉弥¹, 山田桂吾², 小山真紀³, 鋏田泰子⁴, 中嶋唯貴⁵
Masaki YAMAUCHI¹, Yoshiya HATA¹, Keigo YAMADA²,
Maki KOYAMA³, Yasuko KUWATA⁴ and Tadayoshi NAKASHIMA⁵

- ¹大阪大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Osaka University
- ²大阪大学 工学部
School of Engineering, Osaka University
- ³岐阜大学 流域圏科学研究センター
River Basin Research Center, Gifu University
- ⁴神戸大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University
- ⁵北海道大学 大学院工学研究院
Graduate School of Engineering, Hokkaido University

During a scenario earthquake for an active fault by Nishiyama, huge tsunami with early travel time is struck at residential area in Oro Island, Nishi Ward, Fukuoka Prefecture, Japan. In this study, first, difficult times for tsunami evacuation in the area of interest were evaluated based on strong motion prediction considering the ground shaking characteristics. Required time for tsunami evacuation from the prediction sites to the original refuge place were also measured based on walking experiments. Finally, the difficult area for tsunami evacuation in the coastal area, Oro Island was evaluated based on combination of the difficult time, the required time and tsunami attack time.

Keywords : strong motion, tsunami evacuation, time management, Sea of Japan, Oro Island in Fukuoka Pref.

1. はじめに

内閣府^{1),2)}によると、南海トラフ巨大地震の震源域では、震度6強～震度7の非常に大きな強震動の作用が予想されている。一方で、震源域近くの沿岸部では、南海トラフ巨大地震の発生後数分で巨大津波の来襲が予想されており、上述した強震動の作用が住民等の津波避難に影響を及ぼすことが予想される。この点に関して著者を中心とした研究グループ³⁾⁻⁶⁾は、南海トラフ巨大地震の発生によって津波の早期来襲が予想されている静岡県³⁾、和歌山県⁴⁾、高知県⁵⁾、宮崎県⁶⁾の沿岸域を対象として、津波来襲予想地域において強震動を高密度に予測し、強震動の作用が津波避難に及ぼす影響について検討を行っている。しかしながら、我が国の日本海沿岸における津波来襲予想地域を対象フィールドとした津波避難困難区域の抽出はこれまで十分に行われていたとは言えない。

福岡市西区小呂島(図-1 参照)は、その近傍に位置する西山断層による想定地震が発生した場合、約九分で津波の来襲が予想⁷⁾されている。そこで本稿では、小呂島の津波来襲予想地域(居住地域)を対象に、津波避難に関する検討を行った結果について報告する。

2. 断層モデルの構築

図-1 に、構築した西山断層による想定地震の断層モデルと小呂島の位置関係、および表-1 にモデルパラメータ

の一覧をそれぞれ示す。以下、表-1 の上から記載順に、パラメータの設定根拠について述べる。

まず、巨視的パラメータである断層の走向および傾斜については、日本海における大規模地震に関する調査検討会⁸⁾による津波を対象とした断層モデルの形状に関する特性値をそれぞれ採用した。次に、微視的パラメータであるアスペリティに関する地震モーメント・長さ・幅・ライズタイムについては、想定地震と同じく日本海域を震源とする同程度の発生規模である1983年日本海中部地震の特性化震源モデルの値⁹⁾を採用した。アスペリティ

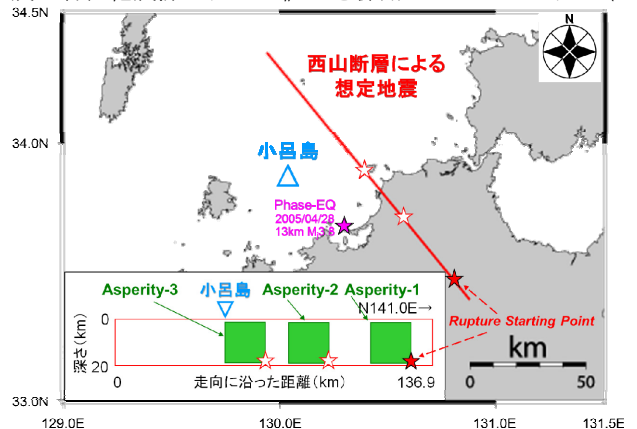


図-1 小呂島と西山断層による想定地震の位置関係

表-1 設定した西山断層による想定地震の断層モデルパラメータの一覧

Parameters	Asperity-1	Asperity-2	Asperity-3
Strike (deg.)	321	321	321
Dip (deg.)	90	90	90
Seismic moment (Nm)	0.88×10^{20}	1.32×10^{20}	1.32×10^{20}
Length (km)	17.5	17.5	17.5
Width (km)	17.5	17.5	17.5
Rise time (s)	1.56	1.56	1.56
Partition number	3×3×3	3×3×3	3×3×3
Source location/depth	N33.4682, E130.8080/18.8km	N33.7397, E130.5411/18.8km	N33.9363, E130.3479/18.8km
Q value	$104 \times f^{-0.63}$		
Density (kg/m ³)	2.7		
Shear wave velocity (km/s)	3.5		
Rupture velocity (km/s)	2.8		

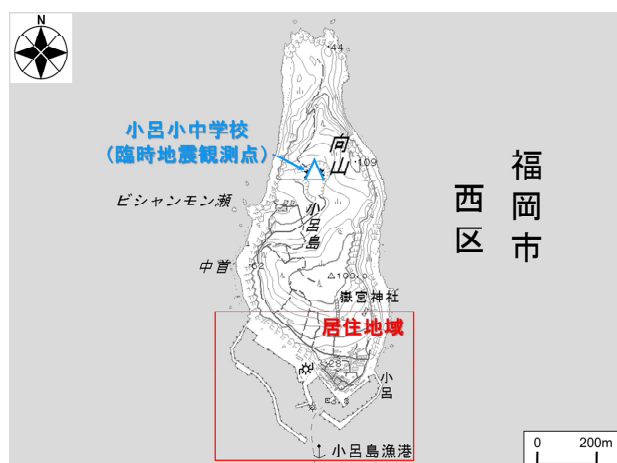


図-2 小呂島の居住地域と臨時地震観測点の位置関係



写真-1 常時微動計測状況 (2017年9月12日撮影)

の配置は、小呂島に向かって破壊が進展するように設定した。最後に、その他のパラメータ (Q 値、密度、せん断波速度、破壊伝播速度) については、小呂島の近傍で近年発生した歴史地震である 2005 年福岡県西方沖の地震の特性化震源モデルの値¹¹⁾を採用した。

3. 常時微動計測の高密度実施

常時微動計測は、小呂島における居住地域内の津波来襲予想地域⁷⁾と臨時地震観測点である小呂小中学校(図-2 参照)において実施した。写真-1 に常時微動計測状況の一例を示す。図-3 は、小呂小中学校と居住地域の津波来襲予想地域内(計 43 地点：図-4 参照)の常時微動 H/V

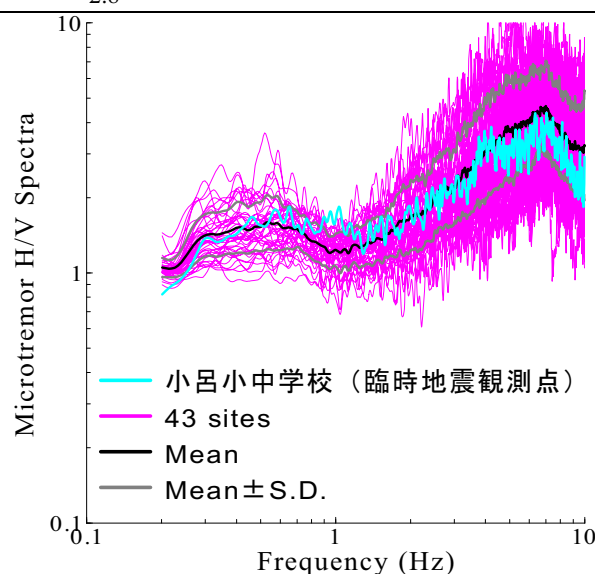


図-3 居住地域と臨時地震観測点での H/V スペクトル

スペクトルを重ね合わせたものであるが、小呂小中学校と居住地域の H/V スペクトルの特徴(ピーク周波数やスペリリティと破壊開始点の配置(図-1 参照)については、現行の港湾基準¹⁰⁾を参考に、アスペリティの破壊が小呂島クトル形状などが類似しており、小呂小中学校における地盤震動特性(サイト特性)が居住地域内の津波来襲予想地域における地盤震動特性として代表できる可能性が高いことが示唆される。

図-5 は、小呂島全域における産業技術総合研究所による地質区分¹²⁾である。図-5 に示すように、居住地域内における地質が同じ区分となっただけでなく、居住地域と小呂小中学校の地質も同じ区分となっている。

よって本稿では、西山断層による想定地震⁸⁾の断層モデル(図-1 参照)と、小呂小中学校での地震観測記録¹³⁾に基づいて評価したサイト増幅・位相特性¹⁴⁾に基づいて、居住地域における強震動予測を実施することとした。

4. 強震動作用中の避難困難時間

図-6 (a), (b) に西山断層による想定地震時における小呂島居住地域での予測地震動の加速度時刻歴を示す。一方で、図-6 (c) は、居住地域における強震動作用中の避難困難時間である。避難困難時間は、予測された地震動(図-6 (a), (b) 参照)に基づき瞬間計測震度(水平二成分合成)¹⁵⁾の時刻歴を計算し(図-6 (c) 参照)、先行研究¹⁶⁾による知見を参考に、瞬間計測震度が 4.0 を下回るまでの連

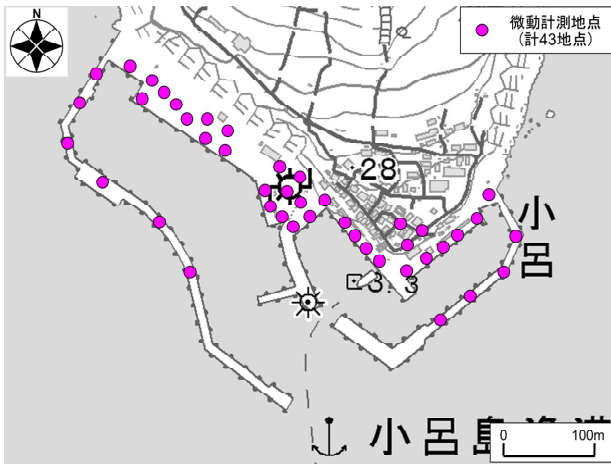


図-4 居住地域での常時微動計測地点の分布

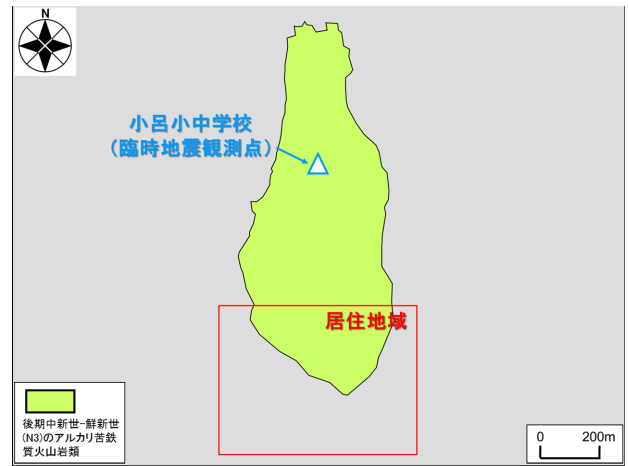


図-5 産業技術総合研究所¹²⁾による小呂島の地質区分

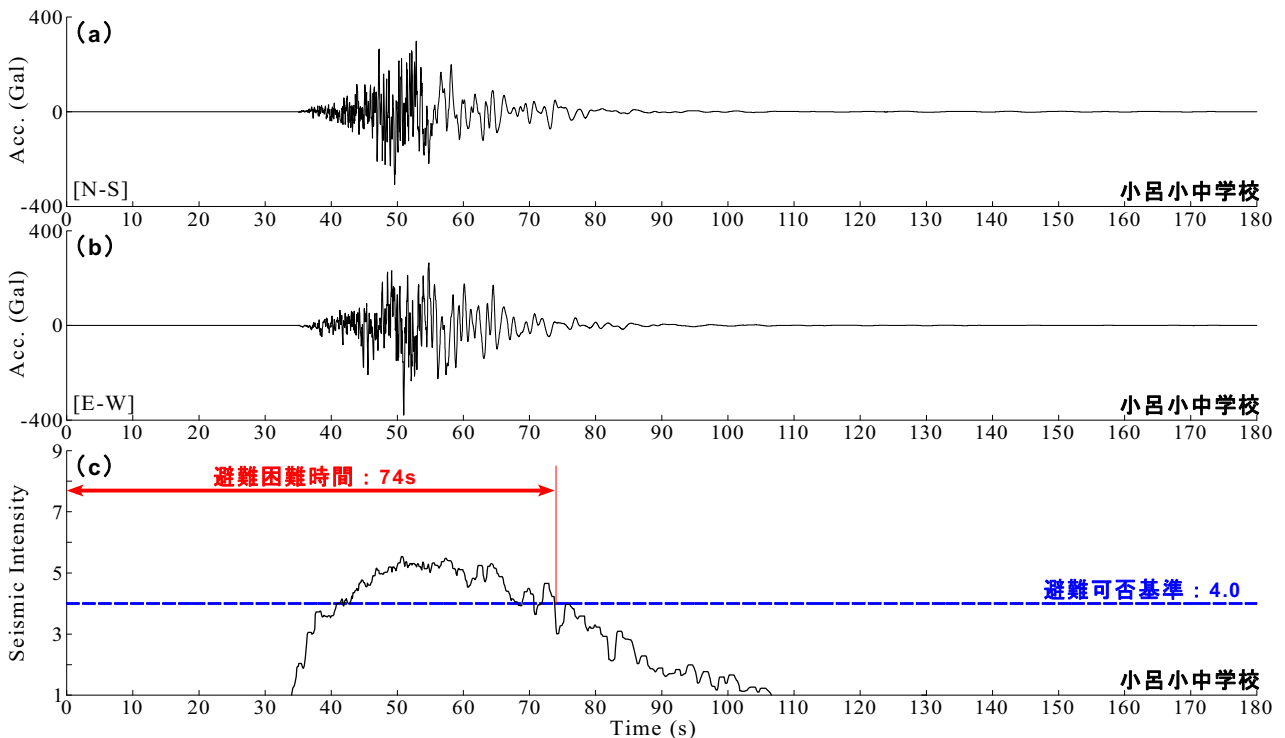


図-6 西山断層による想定地震における小呂島での予測地震動と、瞬間計測震度に基づく避難困難時間の評価

続時間とした。図-6(c)に示すように、想定地震時における居住地域での避難困難時間は、74s と算定され、およそ一分強にわたって住民等が避難行動に移ることができない可能性が示唆される。

5. 強震動作用後の避難所要時間

3. で述べた常時微動計測地点から小呂島居住地域における既存の避難施設(愛宕公民館小呂分館: 図-7 参照)までの歩行時間(避難所要時間)を避難歩行実験に基づき評価した。写真-2に避難歩行実験状況の一例を示す。

図-7に避難所要時間の分布を示す。図-7に示すとおり、居住地域における避難所要時間の分布に有意な差異が確認できる。ここに、避難歩行実験では、避難パターン(単独・群集・要支援者歩行など)を考慮する方法¹⁷⁾と考慮しない方法¹⁸⁾に大別されるが、本稿では、小呂島現地で全ての条件に見合った被験者を参集することが出来なかったため、後者の方法を採用した。よって、避難歩行実験は本稿の第一著者(22歳男性)の単独歩行とした。

6. 避難困難区域の評価

図-8は、小呂島居住地域における避難余裕時間の分布である。ここに、避難余裕時間は、居住地域における西山断層による想定地震発生後の津波来襲予想時間(九分)⁷⁾に対して、強震動作用中の避難困難時間(図-6 参照)、および強震動作用後の避難所要時間(図-7 参照)をそれぞれ差し引いたものである。

図-8に示すように、居住地域における避難余裕時間の分布は一様ではなく、津波避難パフォーマンス(居住地域の各地点が潜在的に有している津波避難に関する余裕時間)に有意な差異があることが確認できる。また、居住地域の西部の突堤付近において避難余裕時間が比較的小さな値(負の値)を示していることが読み取れる。言い換えれば、この突堤付近の区域が居住地域における津波避難困難区域として抽出されたこととなる。しかし、この抽出された区域は、人々の活動が盛んな地域ではないことから、津波避難施設の新設等の対策について、今後より慎重な議論が必要であると考えられる。



写真-2 避難歩行実験状況(2017年9月12日撮影)

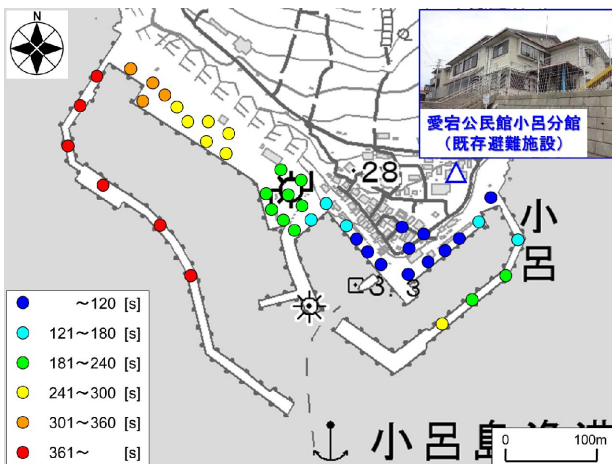


図-7 避難歩行実験に基づく避難所要時間の分布

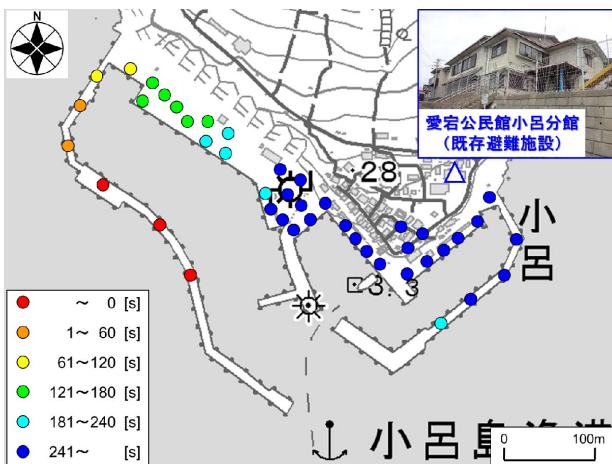


図-8 居住地域での避難余裕時間の分布

7. まとめ

本稿では、福岡県西区小呂島の居住地域における想定地震時の避難困難区域を評価した結果について報告した。今後は、日本海に浮かぶ他の離島に対しても本稿と同様のアプローチを適用することによって、知見を積み重ねていきたいと考えている。

謝辞：常時微動計測の実施にあたっては、小呂島の住民・関係者の皆様などにお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告), 強震断層モデル編—強震断層モデルと震度分布について—, 内閣府防災情報ホームページ, 2012. (2017年10月4日閲覧)
- 2) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告), 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 内閣府防災情報ホームページ, 2012. (2017年10月4日閲覧)
- 3) 秦吉弥, 湊文博, 山田雅行, 鍛田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：強震動作用中の津波避難困難時間に関する評価精度とその向上策—南海トラフ巨大地震における駿河湾沿岸域を対象として—, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.62A, pp.259-272, 2016.
- 4) 湊文博, 秦吉弥, 山田雅行, 常田賢一, 鍛田泰子, 魚谷真基：高密度常時微動計測に基づく和歌山県串本町における南海トラフ巨大地震の強震動評価と津波避難に及ぼす影響, 土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, pp.1-123-135, 2015.
- 5) 秦吉弥, 中嶋唯貴, 湊文博, 鍛田泰子, 小山真紀, 常田賢一：高密度臨時地震観測に基づく南海トラフ巨大地震における高知県南国市津波来襲予想地域での強震動の予測, 第36回地震工学研究発表会講演論文集, 土木学会, Paper No.920, 2016.
- 6) 湊文博, 秦吉弥, 村上啓介, 山田雅行, 鍛田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：高密度臨時地震観測に基づく南海トラフ巨大地震における宮崎市沿岸部での津波避難困難時間算出のための強震動予測, 地域安全学会論文集, No.29, pp.53-62, 2016.
- 7) 福岡県防災会議：津波浸水想定について(解説), 福岡県ホームページ, 2016. (2017年10月4日閲覧)
- 8) 国土交通省：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書, 国土交通省ホームページ, 43p., 2014. (2017年10月4日閲覧)
- 9) 野津厚：1983年日本海中部地震(M7.7)の特性化震源モデル, (国研)海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所地震防災研究領域 HP, 2015. (2017年10月4日閲覧)
- 10) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻), 国土交通省港湾局監修, pp.336-341, 2007.
- 11) 野津厚：2005年3月20日福岡県西方沖の地震(M7.0)の特性化震源モデル, (国研)海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所地震防災研究領域ホームページ, 2011. (2017年10月4日閲覧)
- 12) (国研)産業技術総合研究所：地質図表示システム(地質図Navi), 地質調査総合センターホームページ, 2013. (2017年10月4日閲覧)
- 13) 九州大学地震火山観測研究センター：2005年福岡県西方沖地震($M_{\text{max}}7.0$), 国立大学法人九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センターホームページ, 2007. (2017年10月4日閲覧)
- 14) 秦吉弥, 山内政輝：臨時地震観測記録に基づく福岡県小呂島におけるサイト増幅特性の評価, 日本地震工学会第12回年次大会梗概集, Paper No.20, 2017.
- 15) Kuwata, Y. and Takada, S.: Instantaneous instrumental seismic intensity and evacuation, *Journal of Natural Disaster Science*, Vol.24, No.1, pp.35-42, 2002.
- 16) 鍛田泰子, 齊藤栄：瞬間計測震度を用いた揺れ最中の避難行動可能時間の定量化, 日本地震工学会論文集, Vol.10, No.5, pp.52-65, 2010
- 17) 例えば, 湊文博, 秦吉弥, 常田賢一, 鍛田泰子, 山田雅行, 魚谷真基：ウォーキング実験に基づく津波避難困難地域の評価—和歌山県串本町を例として—, 地域安全学会梗概集, No.35, pp17-20, 2014.
- 18) 例えば, 秦吉弥, 湊文博, 小山真紀, 鍛田泰子, 中嶋唯貴, 常田賢一：南海トラフ巨大地震を対象とした津波避難施設の新設場所の選定に関する試み, 第6回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.1-6, 2016