

南海トラフ巨大地震を想定した沿岸部集落の地域防災に関する研究（その 2） ～佐伯市蒲江地区における空間的特性と避難経路に着目して～

正会員 ○上 慶至*1 準会員 池田 聡志*2 同 富田 羊亮*2
正会員 小林 祐司*3 同 佐藤 誠治*4

7.都市計画-5.都市環境と災害（e.防災） 都市計画
津波 防災 空間的特性 メッシュデータ

1. はじめに

前稿では、南海トラフ巨大地震において甚大な津波被害が想定される佐伯市蒲江地区の丸市尾浦を対象集落とし、標高と住民の避難時間に着目することで沿岸部集落の津波避難の実態を明らかにした。しかし、空間的な特性として道路やオープンスペース（以下、OS）に関しては考慮しておらず、集落の空間的特性と津波避難について総合的に把握するには至っていない。

また、既往研究においては、道路閉塞による避難経路の危険性に着目したもの¹⁾や道路ネットワークによる経路選択に着目したもの²⁾はあるが、面的に対象地域内のネットワーク性を明らかにしたものはなく、道路の連続性や OS の連担性が津波避難に与える影響について分析する必要がある。

そこで本稿では、道路および建物・OS の分布状況から集落の空間的特性、特にネットワーク性について分析を行い、避難経路の危険性を評価することで対象集落の地域防災における課題を抽出することを目的とする。なお、対象集落は前稿に引き続き佐伯市蒲江地区の丸市尾浦とする。

2. 研究の方法

まず、対象集落の可住地において 50m メッシュを集計単位とし、道路、建物、ブロック塀の分布状況に関する各指標によって集落の空間的特性を把握する。

次に、小林ら³⁾の提案する平均連結度数（C 値）を評価値として採用し、メッシュでみる道路ネットワークの連続性および OS の連担性、すなわち集落内の面的なネットワーク性を把握する。なお、本研究における OS とは、建物の存在しないすべての部分とする。

そして、前稿にて明らかにした各住宅からの避難経路を空間的特性によって類型化し、ブロック塀倒壊による道路の閉塞と集落内のネットワーク性、避難所要時間によって各住宅からの避難経路の危険性を評価する。

3. メッシュデータによる集落の空間的特性の把握

ここでは、集落の空間的特性を把握するために、50m メッシュを集計単位とし、GIS を用いて道路の整備状況（道路率・道路ノード数：図 1）、建物の分布状況（建築面積率）について分析する。また、ブロック塀の分布状況を現地調査によって把握し、地震による倒壊を想定して全ブロック塀が倒壊した場合の道路の閉塞面積率（以下、道路閉塞率：図 1）を算出する。なお、高さは全て 1.2m であると仮定し倒壊時の散らばりは考慮しない。

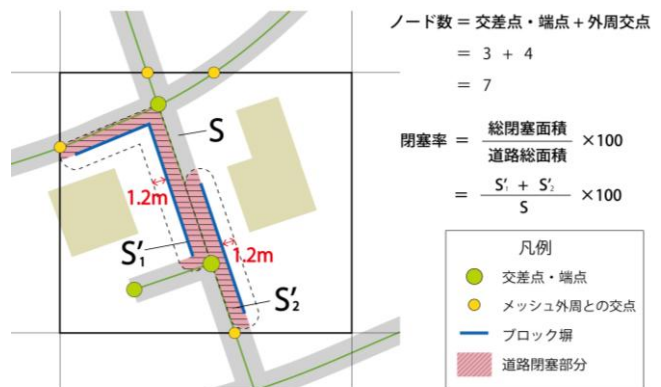


図 1. メッシュ内の道路ノード数と道路閉塞率

道路の整備状況については、メッシュ内の道路率と道路ノード数（図 2）より、国道 388 号、そこから梅南寺前経由で宮尾神社に繋がる道路、県道 122 号が比較的規模が大きくノード数も多いことから、集落の交通軸として機能していると考えられる。道路網は住宅群において特に密で、そこから山間部に向かって放射状に広がっている。

建物分布については、集落の中心部である国道 388 号沿道から名護屋地区公民館および梅南寺周辺にかけて密集しており、住宅群を囲むように公共施設、教育施設が立地している。南部の浦迫地区も、建物が小規模ながら集塊している。

ブロック塀については、図3より中心部の住宅群において多く分布しており、さらに街路幅員が小さいことから道路閉塞率も大きい傾向にある。その中でも、国道388号から梅南寺前経由で宮尾神社に繋がる道路沿いは特に道路閉塞率が大きい。

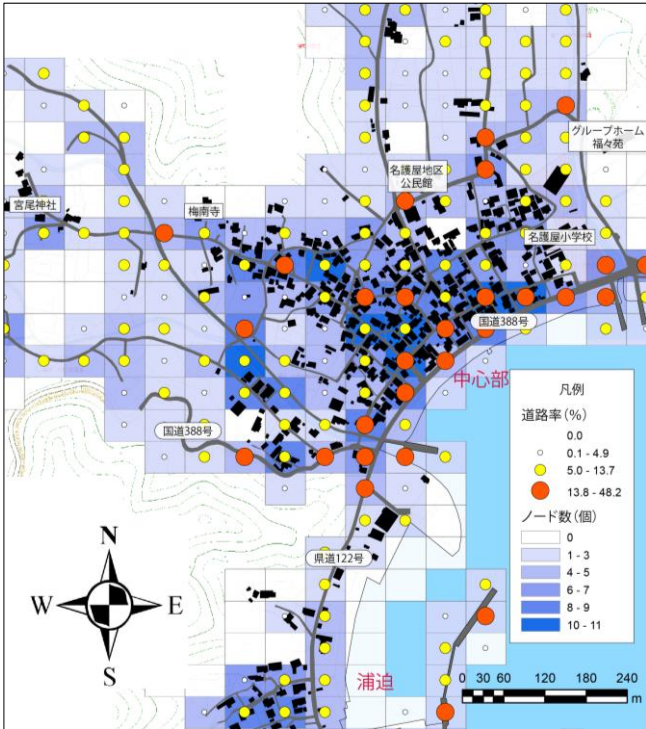


図2. メッシュ内の道路率とノード数

4. 集落内の面的なネットワーク性の把握

ここでは、面的な集落内のネットワーク性を明らかにするために、メッシュでみる道路ネットワークの連続性およびOSの連担性を平均連結度数(C値)によって評価する。道路ネットワークの連続性については、メッシュ内の道路ノード数(図1)を個別値とし、OSの連担性についてはOS面積率を個別値として、それぞれでC値を算出する。

道路ネットワークの連続性については、図4より中心部の住宅群において特に連続性が高くなっており、多様な経路選択が可能であると考えられるが、複雑な道路網による避難時の混乱が予想される。また、中心部と浦迫地区との間は連続性が低くなっていることから、避難場所は別々に設けることが望ましい。

OSの連担性については、図5より中心部外縁の田畑において連担性が高く、集落の中心部にいくほど低くなる傾向にある。また、公共施設や教育施設の周辺においては比較的連担性が高く、駐車場や校庭による影響であると考えられる。これらのOSは、平常時であってもある程度整備されていることから避難に有効なOSであるといえる。

以上のことから、実際に中心部から避難する際は、まず住宅群からは道路を通過して退避し、中心部外縁の田畑のOSを利用しながら高台まで避難することが予想される。

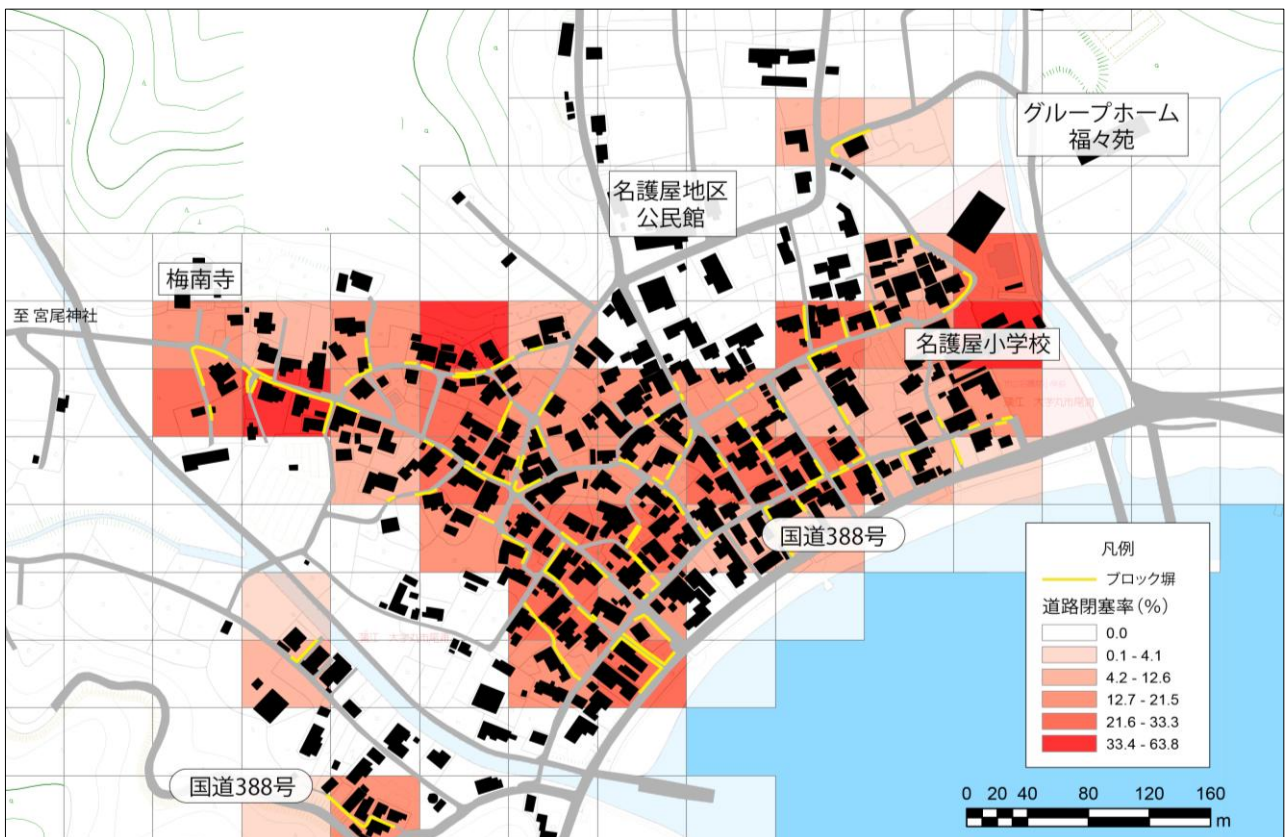


図3. メッシュ内の道路閉塞率

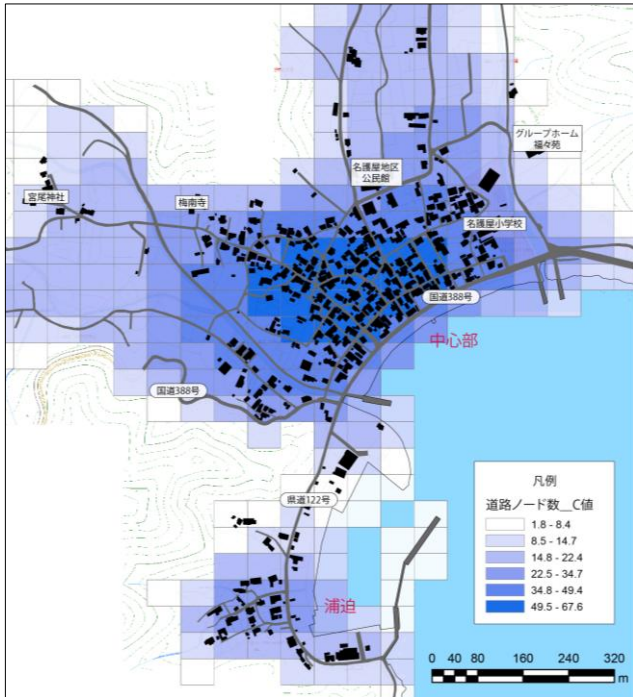


図4. メッシュでみる道路ネットワークの連続性

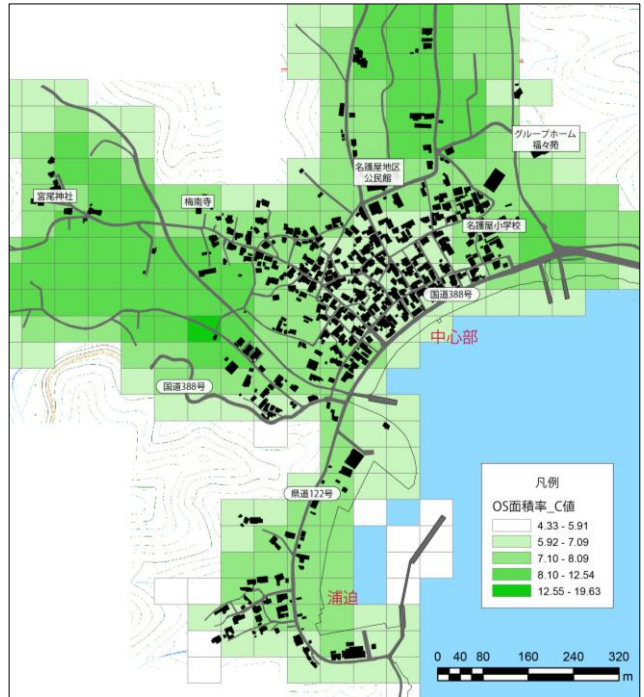


図5. メッシュでみるOSの連担性

5. 空間的特性による避難経路の危険性評価

ここでは、前稿で把握した各住宅から避難目的地までの最短避難経路に着目する。経路と重なる全てのメッシュの道路閉塞率、道路ネットワークの連続性(以下、道路-C 値)、OS の連担性 (以下、OS-C 値) の各平均値を避難経路のパラメータとしてクラスター分析 (Ward 法) を行う。さらに、内閣府発表の津波到達予測時間 18 分以内に最短経路で避難目的地まで到達可能であるかを考慮し、類型ごとに住宅からの避難経路の危険性を評価する。なお、前稿より分析対象とする住宅数は147戸で、そのうち77戸が最短経路でも時間内に避難目的地まで到達できない。

クラスター分析により避難経路は5つに分類された(表1)。クラスター4に属する経路が最も多く、前稿にて時間内に避難目的地に到達できないとされた経路は、クラスター2に最も多く、クラスター3と5には属していない。

クラスター1は、道路-C 値が最小であるため他の街路による避難は難しいが、道路閉塞率も最小であることから、時間内に避難目的地に到達可能な住宅からは最短経路によって避難することが望ましい。また、OS-C 値が比較的大きいため、最短経路が閉塞した場合でも、OS の整備状況次第では通り抜けにより避難できる可能性がある。時間内に避難目的地まで到達できない住宅については、OS の通り抜けにより避難時間を短縮できる可能性がある。

クラスター2は、道路-C 値、OS-C 値ともに比較的大きいことから、最短経路が閉塞した場合でも、他の街路や整備されたOSによる避難が可能である。ただし、経路変更の際の時間増加に注意する必要がある。時間内に避難目的

地まで到達できない住宅については、OS の通り抜けにより避難時間を短縮できる可能性がある。

クラスター3は、全ての住宅が時間内に避難目的地に到達することができ、ネットワーク性についてはクラスター2と類似している。しかし、道路閉塞率が大きい分経路が閉塞する可能性が大きく、経路変更はOSの通り抜けによって行うことが望ましい。

クラスター4は、道路閉塞率が比較的大きいが道路-C 値が最大であることから、最短経路が閉塞した場合でも、他の街路による避難が可能である。ただし、経路変更の際の時間増加に注意する必要がある。OS-C 値が比較的小さいことから、他に比べるとOSによる避難は有効ではないと考えられる。そのため、時間内に避難目的地まで到達できない住宅は、経路を変更したとしても時間内に到達できない可能性が大きい。

クラスター5は、道路閉塞率が最大であることから、最短経路において道路が閉塞する危険性が最も大きい。さらに、道路-C 値が比較的小さくOS-C 値も最小であるため、経路変更による避難は難しい。

表1. 各クラスターの特徴把握 (平均値)

クラスター	道路閉塞率[%]	ネットワーク性		住宅数(到達不可)
		道路-C値	OS-C値	
1	2.22	23.34	7.43	40 (18)
2	7.05	34.97	7.28	39 (34)
3	15.61	32.42	7.49	14 (0)
4	20.09	44.78	7.22	49 (25)
5	28.75	28.22	6.91	5 (0)
平均	11.64	34.60	7.31	計 147 (77)

※着色は平均以上の値であることを示す

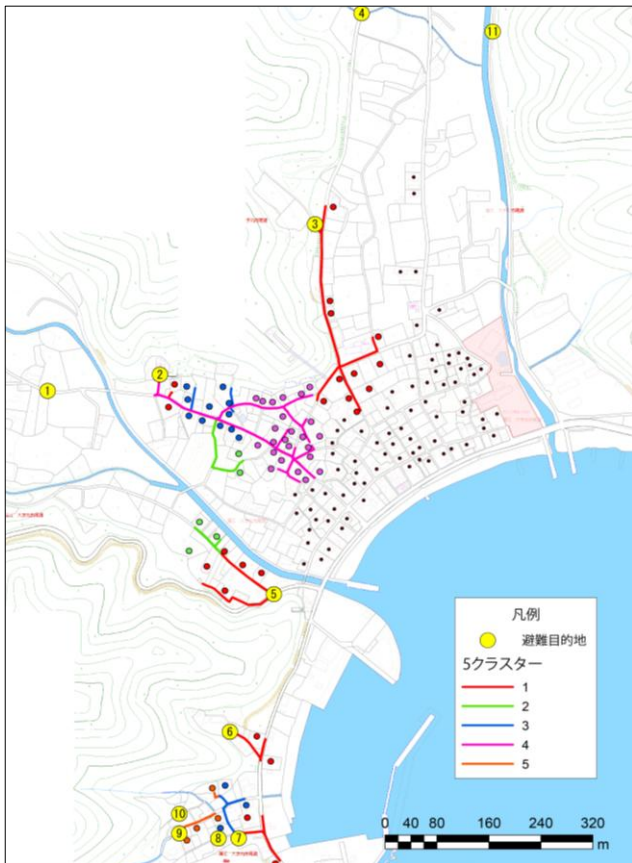


図6. 時間内に到達可能な避難経路（クラスター別）

6. まとめ

本稿では、道路および建物・OSの分布状況から集落の空間的特性、特に集落内のネットワーク性について分析を行い、各住宅からの避難経路の危険性を評価した。

集落の空間的特性については、国道388号から梅南寺前経由で宮尾神社に繋がる道路は交通軸の一つであると考えられ、その沿道は建物が密集しブロック塀も多く分布していることから、地震・津波災害時は特に危険な道路であることが明らかになった。

集落内の面的なネットワーク性については、集落中心部の住宅群において道路のネットワークの連続性は高く、OSの連担性は低いことが明らかになった。住宅群内は道路閉塞率も大きい傾向にあることから、整備されたOSを確保しておく必要があり、その点において駐車場や学校の校庭の存在は有益であるといえる。

空間的特性による避難経路の危険性については、平均連結度数（C値）を用いて集落内の面的なネットワーク性を考慮することで、ブロック塀の倒壊による道路閉塞を想定した街路およびOSによる経路選択の多様性について考察することができた。これによって、最短経路で時間内に避

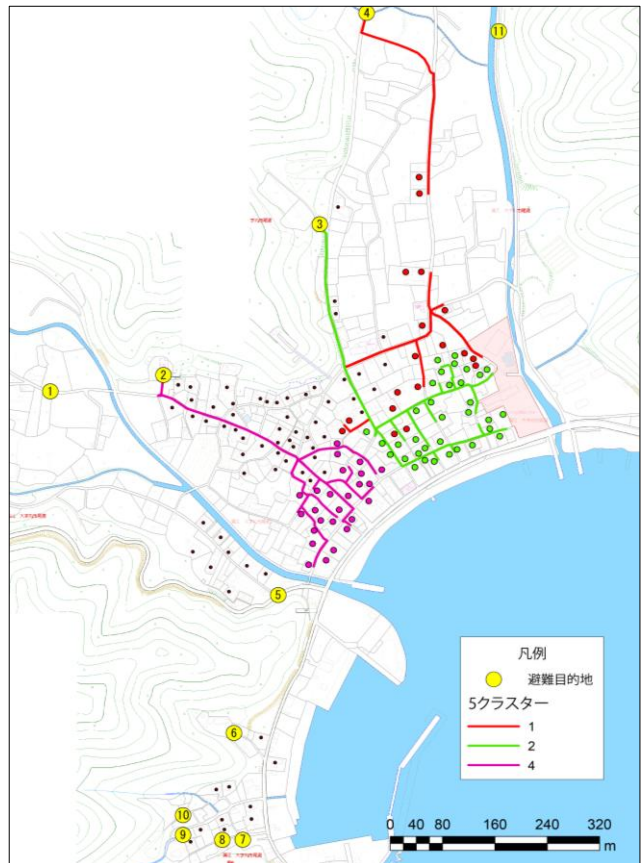


図7. 時間内に到達できない避難経路（クラスター別）

難目的地まで到達可能であっても、道路閉塞によって時間内に到達できなくなる危険性のある避難経路や、OSの整備状況次第で避難時間を短縮できる避難経路、最短経路で時間内に避難目的地まで到達ができず、現状では経路変更も難しい避難経路の存在が明らかになった。このことから、丸市尾浦における津波防災として、ブロック塀の生垣化や荒地地の整備等を行っていく必要があるといえる。

以上のように、集落のネットワーク性による避難経路の危険性を評価してきたが、本研究では、OSの整備状況を実際に把握するに至っていない。今後は、現地調査により詳細にOSの整備状況を把握し、これを考慮した新たな避難経路を検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 石橋直也, 渡辺浩文: GISを用いた大規模震災時の避難困難に関する基礎的研究(環境III), 日本建築学会東北支部研究報告集. 計画系(73), 81-82, 2010-06-19
- 2) 鈴木介, 今村文彦: 住民意識・行動を考慮した津波避難シミュレーションモデル, 自然災害科学 23(4), 521-538, 005-02-28
- 3) 小林祐司, 佐藤誠治, 有馬隆文, 野寄朋彦: メッシュの連担性とその属性を統合した土地利用分布特性の把握手法に関する研究(その1), 日本建築学会研究報告. 九州支部. 3, 計画系(39), 277-280, 2000-03-01

*1 大分大学大学院工学研究科博士前期課程

*2 大分大学工学部福祉環境工学科建築コース 学部生

*3 大分大学工学部福祉環境工学科建築コース 准教授・博士(工学)

*4 大分大学工学部福祉環境工学科建築コース 教授・工学博士

Graduate school of Oita Univ.

Undergraduate Student, Oita Univ.

Associate Professor, Dept. of Architecture, Faculty of Eng. Oita Univ., Dr. Eng.

Professor, Dept. of Architecture, Faculty of Eng. Oita Univ., Dr. Eng.