

防災機能に着目した空地の活用可能性 -和歌山県海南市名高地区を対象にして-

大川 雄三¹・山口 敬太²・久保田 善明³・川崎 雅史⁴

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 修士課程
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:ookawa.yuuzou.86a@st.kyoto-u.ac.jp)

²正会員 博士(工学) 京都大学大学院工学研究科 助教
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:yamaguchi.keitai.8m@kyoto-u.ac.jp)

³正会員 博士(工学) 京都大学大学院工学研究科 准教授
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:kubota.yoshiaki.8w@kyoto-u.ac.jp)

⁴正会員 工博 京都大学大学院工学研究科 教授
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:kawa@art.mbox.media.ecs.kyoto-u.ac.jp)

都市に分散する空地の適切な利用や保全を行うには、空地がもつ諸機能を適切に評価することが必要となる。本稿は、災害危険性の高い地区における空地の避難経路としての有用性の評価を通じて、空地の防災機能の有効性を検証することを目的とする。具体的には和歌山県海南市名高・井田地区を対象地として、空地の実態を把握した上で、シナリオごとの空地の避難路としての有用性を評価した結果、空地の避難路利用によって孤立世帯が約10%減少したこと、空地の障害物を撤去することで孤立世帯が14%減少、場所によっては避難時間を半減させることを示した。また、空地の利用は複数の地点において密集市街地内を移動経路を短縮し、避難経路の選択肢を増やし、避難の確実性の確保に有効であることを示した。

キーワード:空地, 土地利用, 防災, 津波, 避難経路, 密集市街地, 和歌山県海南市名高地区

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

人口減少、少子高齢化が進展する国内では、都市とその周辺部における無秩序な土地利用、空き家、空地の問題が依然として存在する。こうした課題への取り組みが困難であるのは、土地所有の関係から利用許可がもらえないケースや、所有者とのトラブル回避の観点から利用することを控えるという判断に至るケースが一般的な傾向にあり、民有空地における土地利用施策が充実していないことが関係している。しかしながら、耕作地や私有緑地などは、良好な景観を形成し、人々の日常の歩行環境を提供し、また防災面では民有空地が建物の延焼防止スペースや住民の緊急避難場所などとして機能することが考えられる。古屋ら¹⁾は、各種災害対応において必要となるスペースが、既成市街地では物理的および利用制約的な観点から不足している問題構造を示し、その対立を解消する実現可能性の高い解決策として民有空地のマネジメントの重要性を指摘する。民有空地は平常時では土地の権利者の用途に従って利用されるものの、災害時においては住民に対して大きな役割を果たす可能性がある。

したがって、これらの需要を満たすためには民有空地の適切な土地利用や維持管理を行うことが必要になるが、その際には機能を重視した空地の空間的評価が重要となる。近年の空地評価の動向では、欧米を中心とした「ランドスケープ・アーバンイズム」²⁾などにみられる運動のように、生態系や環境などの観点から都市のヴォイドの中に面的な空間のまとまりを評価、抽出して計画を行うようなデザイン思想も活発化している。このように空地の評価という点において様々な活動や実践がみられるものの、方法論として確立されるまでには至っていない。

そこで本稿では、災害時における密集市街地に隣接した空地の避難経路としての有用性の評価を通じて、都市に分散する空地の防災機能の有効性を検証することを目的とする。

市街地内における防災性や整備手法に関する既往研究はいくつか存在し、その中で本稿と特に関連の強いものを挙げる。中井ら³⁾は地震火災における防災空間としての空き家敷地の活用可能性を題材としており、低利用地の活用可能性を検証するという点では本稿と研究の方向性を同じくしている。飯島⁴⁾らは密集市街地内の隣棟間の通路に着目し、沿道の塀を撤去することが道路閉塞の減少や避難経路の短縮に効果があることを明らかにして

いる。中村⁵⁾は市街地内における建築時期が1980年以前の戸建て住宅及び長屋建て住宅の地震倒壊リスクの高さと、その居住者には高齢者や年少者という災害弱者が多い傾向があることを明らかにし、道路閉塞への対策が重要な施策であると指摘する。大原ら⁶⁾は、津波災害において既存の公共、民間建築物の活用には減災効果に限界があることを示し、避難ビルになりうる公共建物の新規建設、民間建物の誘致や高所移転などの土地利用転換の必要性を示している。しかしながら、これら一連の研究は建物とその敷地に関する防災性や整備手法を検証するものであり、本稿は既存の民有空地を防災上有効な空間としてその活用可能性を検証するところに大きな特徴がある。

移動経路としての既存空地の利活用を題材にしたものでは、緑地の近接性を指標とした Moseley⁷⁾らの研究が挙げられるが、防災機能の観点から空地利用の有効性に着目した研究ではない。

以上のことから、民有空地に対する防災空間としての有効性の検証と評価手法の開発が必要だと考えられる。

(2) 対象地概要

対象地は和歌山県海南市名高・井田地区とした(図-1)。海南市は和歌山県北部の沿岸部に位置しており、西側が瀬戸内海に面している。対象範囲は市街化区域であり、第一種住居地域を中心にして、南北に準工業地域と近隣商業地域、東側に第一種中高層住居専用地域がそれを取り囲むような形をとる。この地域では住宅系と農地利用の割合がほとんどであり、住宅が密集する地域や宅地開発が進む地域も存在する一方、農地利用が減少しており、虫喰い状に空き家、耕作放棄地や駐車場などの低利用地が蔓延し、無秩序な土地利用の進行に対する早急な対策が必要となっている。

防災面では津波による災害リスクを有しており、和歌山県⁸⁾の想定では海南市の津波災害の規模は東海・東南海・南海地震(以下、東南海地震)で最大津波高さ6.0m、到達時間は47分後であり、南海トラフ地震で最大津波高さ8.0m、到達時間は39分後とされている。今後30年以内で発生確率が東南海地震で70%程、南海地震で60%と予想されており、将来確実にこれらの地震が発生すると言われている。対象地は、津波災害のリスクが非常に高いとされる西部より内陸に位置するものの、想定される津波の浸水域に該当しており、大きな被害を受けることが考えられる。さらに、対象地では沿岸部と異なり、古い木造住宅が密集しているエリアや幅員の小さい複雑な道路構造を持ち、加えて地盤条件の悪さから起因する液状化現象の発生があるため¹⁰⁾、建物の倒壊による道路の閉塞が予想される。したがって、場合によっては予

想を超える大きな人的被害をもたらすことが考えられる。

以上より、空地の評価を防災の観点から行うためには該当地区が対象地として適切であると判断した。

避難地点に関しては、海南市¹⁰⁾が対象地において避難場所として指定している地蔵寺、井田児童会館を到達地点として設定し、シミュレーションを行った。

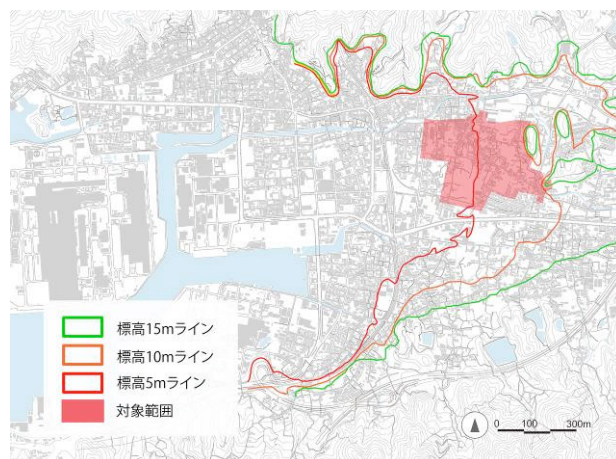


図-1 対象地の位置(標高ラインは資料⁸⁾を基に筆者作成)

(3) 研究の構成

研究の構成は以下の通りである。

①移動経路としての機能をもつ民有空地(以下、空地)の防災性を定量的に把握できるようにするため、既往研究から援用した災害シミュレーションモデルについて詳しく解説する。

②対象地の空地の分布や用途、空間構成をケーススタディによって明らかにする。並行して、対象地の津波災害における現況の防災性をシミュレーションにより定量的に把握する。

③空地を避難経路として利用した場合の有効性をシミュレーションにより評価する。その後、空地利用を前提とした整備手法を設定し、その効果をシミュレーションにより評価、各シナリオを比較することで空地の活用可能性を検証する。

2. 研究の方法

(1) 災害シミュレーションモデルの設定

ここでは、空地の防災性を適切に評価するために設定した災害シミュレーションモデルについて解説する。本稿ではグラフ理論における最短経路問題として移動所要時間や経路リンク長などを計算するが、その際にいくつかの条件と評価指標を考える必要がある。大地震が発生した場合、住宅などが密集しているエリアでは建物の倒

壊による瓦礫の拡散などにより、多くの道路が通行不可能となることが予想される。したがって、シミュレーションを行うにあたって、建物倒壊から道路閉塞に至り、限定された道路の中で避難を行わなければならないことを想定する必要がある。

また、避難経路としての空地の有効性をより詳細に検討するため、空地の移動経路としての利便性も考慮しなければならない。通常の舗装された道路とそうではない草木の生い茂る場所や農地などの移動効率の違いを条件として考える枠組みや、広い空間を移動経路として利用できることを定量的に把握する評価指標が必要になる。

以上の理由により、それぞれの状況に即したモデルを設定して、より適切な空地の防災性の評価を行う。

(2) 建物倒壊・道路閉塞モデル

道路閉塞を引き起こす現象として、地震による建物の倒壊を想定する。建物倒壊モデルには、瓦礫の拡散幅が階数と平均階高を掛け合わせたもの、つまり、建物高さと同しくなる市川ら¹¹⁾のモデルを採用した。このモデルを用いて、倒壊によって発生する瓦礫の広がりや道路の重ね合わせにより、閉塞の有無を判断する。瓦礫の広がりが完全に道路を覆う場合、その道路は閉塞するものとして判定し、リンクが損失する(図-2)。対象地における建物高さは、現地における実測調査によって推定した。

建物の倒壊条件の設定に関しては、同じく市川らが行っているように資料から建物の年代、構造、地盤条件を明らかにし、それらを評価して建物の倒壊を判定する精緻なモデルが具体例として挙げられるが、対象地ではいずれの条件も詳細に調べていくことが困難である。したがって、より簡易なモデルとして旧耐震基準法が適応されていた昭和56年(1981)以前に建てられた建物を選定し、現地調査によって耐震改修や改築が確認できないものを倒壊建物として想定する。



図-2 建物倒壊による道路閉塞(市川らの図を基に筆者作成)

(3) 避難リスク評価モデル

a) 避難到達時間と避難経路長

本稿では、避難到達時間や避難経路の長さを指標として定量的な評価を行う。避難経路のリンク作成にあたっては各道路の中心線を使用する。交差する箇所や折れ曲がり、道路閉塞の境界部分に端点を持つようにノードを作成して出来たネットワーク図を基にして最短経路移動の所要時間や移動経路を測定する。避難者の歩行速度に関しては、0.64m/sとした。消防科学センター¹²⁾によると、高齢者のグループ歩行の平均速度は0.751m/sとしているが、交通の混乱、地震による瓦礫の散乱、さらなる余震への警戒などにより、歩行速度が減少することが考えられる。国土交通省¹³⁾による東日本大震災における実態調査によると、歩行速度は0.64m/sと更に小さな値としていることから、本稿ではそちらを採用した。

b) 孤立世帯と密集市街地

避難所要時間や経路長などのほかに、空地の適切な防災性評価のために新しく定量的な指標を使用する(表-1)。

一つは、接道している建物が両側にある経路のリンクを密集市街地内のリンク(以下、密集市街地リンク)として定義し、そのリンク長を計測した。密集市街地リンク長が大きいほど、倒壊する危険性のある建物の間を抜けながら長距離にわたって避難する必要があるため、避難リスクが大きいことを意味する。

もう一つは、孤立世帯数である。本稿では建物一棟につき一世帯が居住しているものとして考え、道路閉塞により避難地点まで到達できない場合、その世帯は孤立世帯と判定される。各シナリオごとに孤立世帯数を計測し、空地の活用が災害リスクの減少にどこまで寄与するか検証する。

表-1 新しい評価指標の定義

	定義
密集市街地内のリンク長	2つ以上の建物が移動経路をはさみ、その間隔が3m以内である経路リンクの長さ
孤立世帯数	建物敷地に接道している経路のリンクがいずれも道路閉塞によって損失または孤立リンクである建物

c) 想定距離の設定

移動経路となる空地は通常の舗装道路と同様の利便性を持たないため、土地利用の形態ごとに抵抗値を設定してシミュレーションに反映させる手法を採用する。数値の設定方法に関しては、いくつか既往研究を紹介する。

Watts¹⁴⁾らの研究では、生物多様性の観点から生態系に対する緑地の誘致距離を評価するため、緑地の植生の分布や規模によって抵抗値を定めている。Mosely⁷⁾らは緑地の誘致距離を移動経路の利便性や快適性を考慮して考えており、各専門家との協議を重ねて移動経路の抵抗

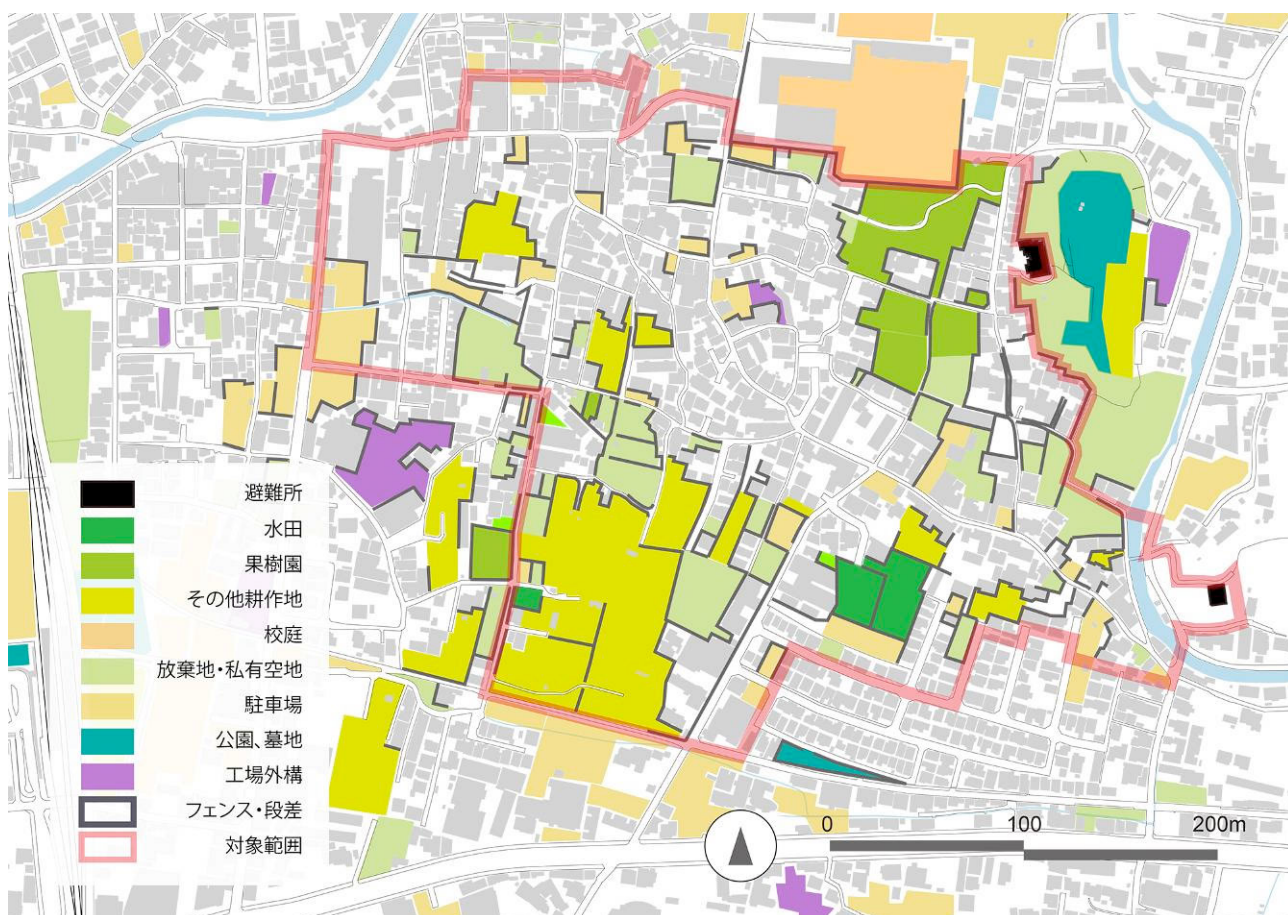


図-3 空地と空地周辺の障害物の分布

表-2 各土地利用の抵抗値

土地利用	抵抗値 R
舗装された道路, 駐車場, 舗装されたスペース	1
未舗装道路, 農道, その他の未舗装であるスペース	2
果樹園, 畑	5
水田, その他歩行に適さない農地スペース	20

想定距離 [m] = 実際の距離 [m] × 抵抗値

表-3 対象地の概要

対象地の総面積	空地の総面積	建物棟数	倒壊する建物棟数	道路総延長	閉塞する道路
21.6ha	6.9ha	727棟	134棟	7305m	1563m

※空地の総面積には、商業・住宅敷地の外構は含まれない。

値を設定している。具体例を挙げると、抵抗値が5である農地 (Farmland) の距離が50mの場合、想定距離が250mと計算する。

ここでは、Moseleyらの抵抗値を参考にして、土地利用の形態ごとに抵抗値を設定した(表-2)。道路やアスファルトでつくられた駐車場等は、利便性の点では舗装道路と同様のものとして1と設定した。石や砂利などが敷き詰められた農道や私道、未舗装道路は抵抗値を2と設定した。果樹園などの障害物のある農地や、背の高い草地となる耕作放棄地に関しては、抵抗値を5と設定した。水田などの極めて移動の利便性に欠ける土地は抵抗値を20と設定した¹⁵⁾。

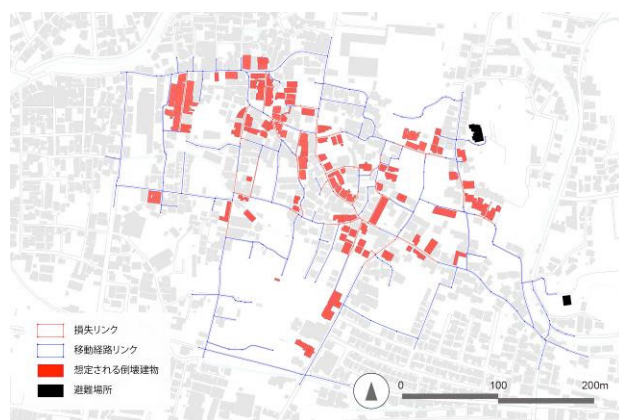


図-4 倒壊可能性のある建物

3. 空地の実態と現況の防災性

(1) 空地の抽出

現地調査による空地の実態を把握した。その際、土地利用の形態や敷地の障害物の有無を確認し、空家の実態を明らかにした(図-3)。結果、対象地で6.9ha(約32%)の空地を確認することができた(表-3)。北西から南東にかけて市街地のまとまりがあり、それに沿って敷地が連続した空地の群が見て取れるが、多数にはりめぐらされた

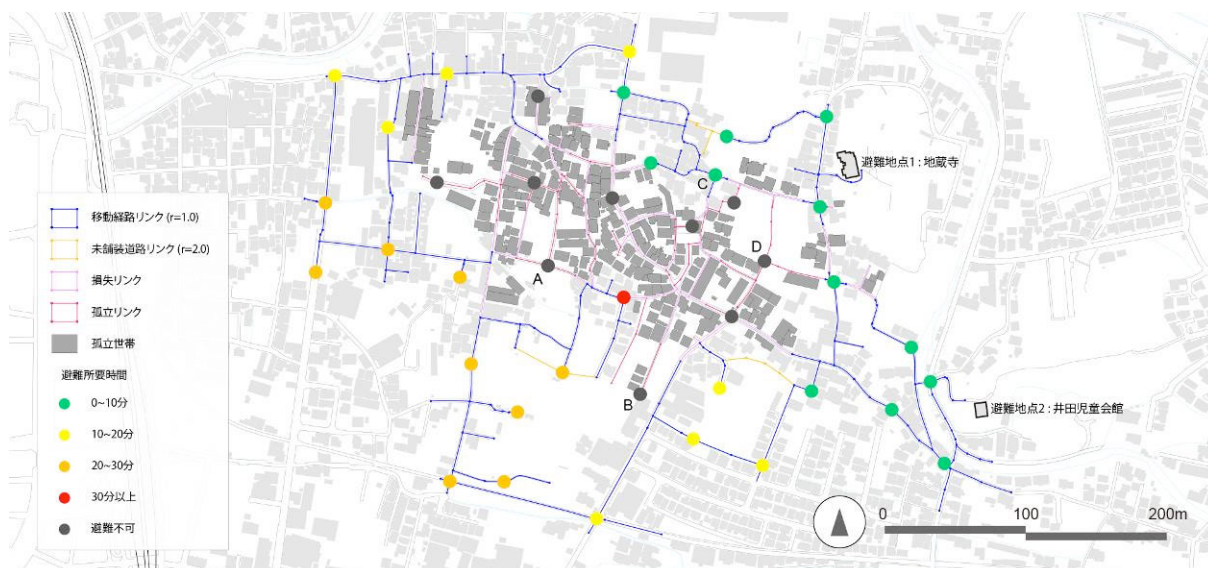


図-5 避難リスク分布と孤立世帯：シナリオ0



図-6 避難リスク分布と孤立世帯：シナリオ1

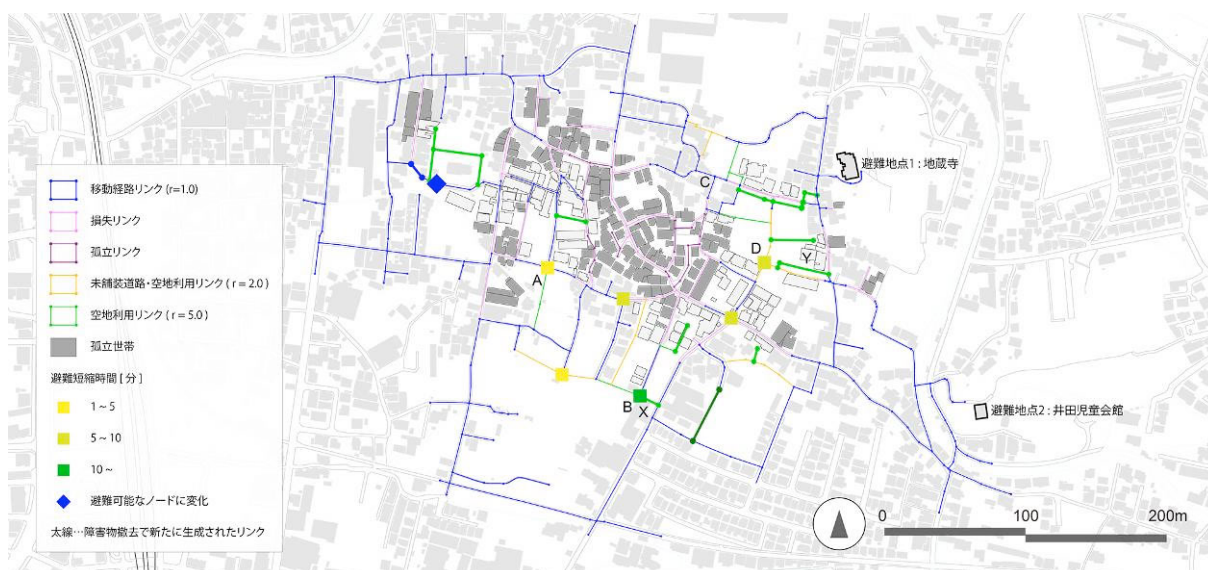


図-7 避難リスク分布と孤立世帯：シナリオ2

フェンス等の障害物によってスペースが分断されていることがわかる。また、大規模な空地には農地が多く、小規模なものには駐車場が多いが、土地利用の形態に統一性はなく、秩序があるとは言えないのが現状である。

(2)倒壊建物と道路閉塞の分布

先述した建物倒壊・道路閉塞モデルを対象地に適応するため、入手できた昭和51年(1976)と平成16年(2004)の海南市国土計画図を比較し、建物が更新されていないものを選定した。その後、現地調査により、改修や改築が確認できないものを倒壊建物と想定してプロットを行う。結果、倒壊する建物は727棟中134棟と全棟数の約18%を占める(表-3)。それを基にして、道路閉塞による損失リンクの発生を条件に入れたネットワーク図を作成した。(図-4)。閉塞する道路は1563mと道路総延長の約21%を占め、北西から南東にかけて市街地のまとまりにそって閉塞した道路が連なる。とくに中央部分は道路の幅員が狭く複雑な形状をとっているため、ほとんどの道路が閉塞、または孤立してしまう。

(3)現況の防災性

現況の防災性を定量的に把握するため、作成したネットワーク図を基にして災害シミュレーションを行った。避難に利用される経路は既存道路のみとし、2箇所ある避難地点には短時間で到達できる方を選択する。その計測結果を図にまとめた(図-5)。避難の所要時間のリスク分布を把握するため、ノードを40点抽出し、時間の長短によって色分けを行った。

結果、中央部分の道路閉塞にしたがって孤立世帯が発生し、727棟中241棟(約33%)が避難場所へと到達できないことになる。これらの孤立世帯を解消するためには、倒壊する危険性のある建物の耐震改修や空き家の撤去、また道路の拡幅整備なども方法として考えられるが、いずれも時間と費用がかかり、容易に進めることができないことが予想される。また、避難の到達地点が二箇所とも東側に位置するため、西側になるにつれて避難時間が増大することは明らかだが、中央部分のノードは道路閉塞が障害となって大きく周回する必要があり、30分以上も避難に時間がかかる結果となった。

4. 空地利用の有効性

(1)シナリオ1: 空地の利用

現況の防災性を改善するため、避難経路としての空地利用を考える。作成したネットワーク図に対して、新しいリンク(以下、空地リンク)を作成する。空地リンクは、

建物倒壊の影響を受けないようにしながら、既存のノードを結ぶように作成する(図-6)。

計測の結果、40個中5個のノードが避難可能なノードへと変化した。孤立世帯は727棟中170棟(約23%)となり、約10%の減少効果があった。南側では農地とそれに連なる耕作放棄地によって生成される空地リンクMが、東側では果樹園とそれに連なる耕作放棄地によって生成される空地リンクNが孤立リンクと接続してそれぞれ25棟と23棟の孤立世帯を解消し、大きな効果があることが分かった。

しかしながら、既に避難可能であった場所の避難時間の短縮には殆ど寄与しなかった。これは、農地や農道などの大きな抵抗値を掛け合わせた空地リンクの想定距離が既存の避難経路よりも未だに大きいためである。また、規模の小さな空地では距離の離れたリンク同士を接続することができず、閉塞道路の減少に寄与するのみとなった。加えて、小規模空地は障害物や建物倒壊の影響を受けやすいため、空地が連続していてもリンクが途切れてしまうことが明らかになった。

(2)シナリオ2:空地の利用と障害物の撤去

空地を利用して避難することを前提として、駐車場、売却地、耕作放棄地、農地に存在する障害物を撤去する整備手法を考える(図-7)。新しい空地リンクは、シナリオ1と同様に建物倒壊の影響を受けないようにした上で、2通りの方法で作成する。一つは、行き止まりになっている道路を接続するように作成する。もう一つは孤立する建物の住民が空地に飛び出すことに想定し、孤立世帯と接続するように作成する。したがって、実際には全てではなく一部のフェンスを撤去することになる(図-8)。

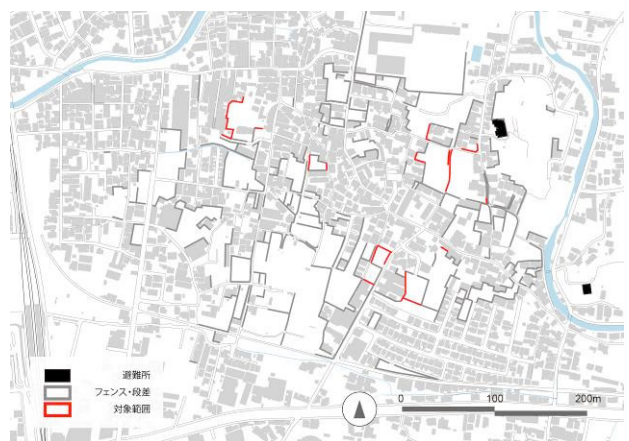


図-8 撤去される障害物

シミュレーションの結果、孤立世帯はさらに減少したが、孤立世帯は140世帯(約19%)となり、シナリオ1と比べて4%の減少にとどまった。孤立世帯が密集する

表-4 各地点の移動所要時間と避難実態

避難開始場所	避難場所	シナリオ0（現況）		シナリオ1（空地の利用）		シナリオ2（空地の利用、フェンスの撤去）	
		最短移動所要時間	市街地内の経路リンク長（m）	最短移動所要時間	市街地内の経路リンク長（m）	最短移動所要時間	市街地内の経路リンク長（m）
地点A	地点1	避難不可	－	避難不可	－	47分19秒	273.2
	地点2	避難不可	－	35分11秒	135.9	35分11秒	135.9
地点B	地点1	避難不可	－	避難不可	－	29分08秒	168.9
	地点2	避難不可	－	36分36秒	167.3	16分57秒	31.6
地点C	地点1	8分36秒	161.9	8分36秒	161.9	8分36秒	161.9
	地点2	避難不可	－	避難不可	－	24分11秒	85.1
地点D	地点1	避難不可	－	18分31秒	161.9	8分32秒	83.8
	地点2	避難不可	－	避難不可	－	16分53秒	85.1

中央部では、規模の小さな空地、すなわち短いリンクしか生成できず、周囲の避難可能なリンクと接続が難しいことが理由として挙げられる。

計測の結果、避難時間の短縮に関しては、大きな効果が得られた。現況では 36 分以上かかっていた中央部のノードでは約 17 分と、避難時間が半減している。新たに生成された空地リンク X が南側の地域、空地リンク Y が東側の地域のノードのクリティカルパスとなっており、避難時間の短縮に大きな効果があることが分かった。

(3)4地点における空地利用の実態

ここでは、防災性の向上に大きく寄与している空地リンク M、N、X、Y に近い 4 地点 A、B、C、D に着目し、各シナリオごとの避難の実態をみていく（表-4）。

地点 A、D は、現況より道路閉塞が原因で避難できなかったが、空地の利用によってそれぞれ地点 1、地点 2 まで避難できるようになった。さらにフェンスを撤去することで、他方の避難所にも到達可能となり、避難の選択肢が増えたといえる。地点 D は、シナリオ 1 の時点で地点 1 に 18 分 36 秒で避難可能となったが、シナリオ 2 で更に時間が約 10 分短縮され、密集市街地リンク長も 83.8m と約半減した。地点 2 にも到達可能となり、避難の選択肢が増えていることが明らかになった。

地点 B に関しては、同様にして道路閉塞により現況の避難が困難であったが、空地利用によって地点 2 まで避難できるようになった。フェンスを撤去することにより、地点 2 までの避難時間が約 20 分短縮され、地点 2 までの密集市街地リンクが約 135m 減少した。

地点 C はもとより避難場所に近いこともあって、現況でも 8 分 36 秒と短時間で地点 1 へと避難できるが、市街地内のリンク長が 161.9m と長いため、不足の事態が生じた場合、道路閉塞で避難が困難にある可能性も考えられる。しかしながら、フェンスを撤去することにより、地点 2 にも避難できるようになった。地点 1 へのルートよりも避難に時間はかかってしまうが、市街地リンク長が短いいため、より安全で確実なルートとも考えることができる。このようにして、いずれの地点においても、障害物を撤

去することでいずれの避難場所にも到達することができ、避難の確実性が高くなったといえる。

5. まとめ

本研究は、災害危険性の高い地区における空地の避難経路としての有用性の評価を行い、空地の防災機能の有効性を検証した。その成果は以下の通りである。

- ・空地の実態として、対象地の 32% が空地であること、対象地における空き地の分布、用途、障害物の有無などの空間構造を示した。

- ・空地の活用可能性を考えるために、最初に「空地を利用した避難」の有効性を検証した。その結果、本研究で用いた方法に基づけば、孤立世帯が 727 棟中 170 棟（約 23%）と、約 10% の減少効果があることを示した。南側では空地リンク M が、東側では空地リンク N が孤立リンクと接続し、それぞれ 25 棟と 23 棟の孤立世帯を解消している。しかしながら、現況で避難可能であった地点における避難時間の短縮にはほとんど効果が得られないことが明らかになった。

- ・空地利用を前提として障害物を部分的に撤去する整備手法を用いた場合には、新たに生成された空地リンク X が南側の地域、空地リンク Y が東側の地域のクリティカルパスとなっており、況では 36 分以上かかっていた中央部のノードでは約 17 分と、避難時間が半減しており、避難時間の短縮に大きな効果をもたらしていることがわかった。

- ・防災性の向上に大きく寄与している空地リンクに近い地点の各シナリオにおける避難の実態をみていくと、3 点において避難時間の短縮が、すべての点において空地の利用によって避難経路の多様化、道路閉塞のリスクが低いより安全な経路へのアクセスが可能となり、空地利用による防災性の向上が明らかになった。

- ・中央に位置する孤立世帯の解消には空地リンクの数的充足が必要になるが、空地の規模が小さく、閉塞する可能性のある道路に囲まれているため、孤立世帯の解消が

難しい。空地利用を前提とした整備手法と中央部の耐震改修や空き家の撤去と併せた複合案を考えると、全ての建物を改修するシナリオとほぼ同様の高い効果が得られることが推測される。

・なお、本稿では空地の活用可能性というテーマで大きな費用を伴わない整備手法の検証を行ったが、整備主体の問題、私有地と公共の責任所在の問題、権利者の意向と利用制限の問題、私有地の整備行為によって地域防災機能が変化する問題などについては十分に考慮しておらず、今後の課題として残された。

謝辞：本研究の資料調査において和歌山県海南市まちづくり部都市整備課、的場氏、総務部災害危機管理課西谷氏には多大なご協力を頂いた。厚く謝意を表する。

参考文献、注釈

- 1) 古谷貴志，林春男，浦川豪，井ノ口宗成：広域連携の実現を目指した社会基盤としての災害対応空地情報に关する基礎的研究，地域安全学会論文集，No. 13，pp. 293-303，2010
- 2) Charles Waldheim editor: *The Landscape Urbanism Reader*, Princeton Architectural Press, 2006
- 3) 中井翔太，嘉名光市，佐久間康富：密集市街地における空き家の実態とその「防災空間」としての活用可能性に関する研究 -大阪市鶴橋地区を対象として-，日本都市計画学会都市計画論文集，Vol. 47，No. 3，pp. 1063-1068，2012
- 4) 飯島縁，真野洋介：木造密集市街地の災害時避難リスク集積エリアの環境把握と改善方針の検討，日本都市計画学会都市計画論文集，No. 44-3，pp. 283-288，2009
- 5) 中村仁：密集市街地における住宅形式別にみた住宅および世帯の特性と地震時の道路閉塞による被災危険性-大阪市福島区野田地区の事例-，日本都市計画学会都市計画論文集，No. 37，pp. 577-582，2002
- 6) 大原美保，牧之段浩平，佐原孝紀：津波避難場所におよび津波避難ビルの減災効果に関する一考察-宮城県南三陸町-におけるケーススタディー-，生産研究，Vol. 64，No. 6，pp. 839-841，2012
- 7) Darren Moseley, Mariella Marzano, Jordan Chetcuti, Kevin Watts: Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace, *Journal of Landscape and Urban Planning*, Vol.116, pp. 1-12 2012
- 8) 海南市：標高マップ，2012
- 9) 和歌山県：「南海トラフの巨大地震」及び「東海・東南海・南海3連動地震」による津波浸水想定について，2013
- 10) 海南市：地震・津波ハザードマップ-液状化危険度-，2014
- 11) 市川総子，阪田知彦，吉川徹：建物倒壊および道路閉塞のモデル化による避難経路の危険度を考慮した避難地への到達可能性に関する研究，GIS理論と応用 vol. 12，No. 1，pp. 47-56，2004
- 12) 消防科学防災センター：地域防災データ総覧地域避難編，pp. 91-96，1987
- 13) 国土交通省：東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）～津波からの避難実態調査結果（速報）～，

2013

- 14) Kevin Watts, Amy E. Eycott, Phillip Handley, Duncan Ray, Jonathan W. Humphrey, Christopher P. Quine: Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: an approach based on generic focal species and least-cost networks, *Journal of Landscape Ecology*, vol.25, pp.1305-1318, 2010
- 15) 抵抗値の設定については、Moseleyらが示したデータを基に作成したが、数値の妥当性については課題が残る。本稿では空地利用のシナリオを想定する際に、空地リンクがほとんど寄与しなかったことから、推定結果に過小評価をもたらしている可能性がある。