

高齢化社会における災害対応の都市計画と 道路ネットワーク

CITY PLANNING AND ROAD NETWORK TOWARD THE DISASTER PREVENTION IN HIGH AGED SOCIETY

外井哲志¹

Satoshi TOI

¹九州大学大学院工学研究院環境社会部門(〒812-8581 福岡市西区元岡 744)

1. はじめに

わが国では近年、相次ぐ大震災、集中豪雨による土砂災害、水災害が各地で頻発しており、防災対策のみならず都市計画上の問題も指摘されている。

従来、都市計画分野では、日常における都市の生活環境を維持し効率的な都市活動を支える都市計画事業と都市計画制限に関する活動・研究が中心であった。また、私権の制限に関する合意形成の困難さもあり、防災の観点からの事業・制限はやや手薄の感があった。しかし、阪神淡路大震災(1995.1.17)、東日本大震災(2011.3.11)などの大災害の発生や、南海トラフ巨大地震の発生予想、今後の地球温暖化による気候変動の影響を踏まえ、都市計画分野においても、防災に関する都市計画制度の見直しの機運が高まっている。

以上を踏まえ、本論文では、2.で都市計画の目的と内容について述べ、その範囲を明確にした後、3.で日本都市計画学会による2014年8月の広島豪雨災害に対する防災まちづくり報告書から、災害対応型の土地利用規制・誘導に関する考察を紹介する。次いで、4.で震災に対応した都市防災性の向上のための市街地更新に資するリスク情報の公表のあり方について考察し、最後に、5.で広域的な災害が発生した後の救助救援、復旧復興のための道路ネットワークの評価に関する筆者の考え方を述べる。

2. 都市計画の目的と内容¹⁾

(1) 都市計画法における都市計画の目的

都市計画法では、第二条に「都市計画は、農林漁業

との健全な調和を図りつつ、健康で文化的な都市生活及び機能的な都市活動を確保すべきこと並びにこのためには適正な制限のもとに土地の合理的な利用が図られるべきことを基本理念として定めるものとする」とあり、農林漁業と区別して合理的な都市活動を確保することを念頭に置いている。

(2) 都市計画の範囲

都市計画とは、**都市計画区域**または**準都市計画区域**内で行われる土地利用、都市施設の整備及び市街地開発事業に関する計画をいう。都市計画区域には、無秩序な市街化を防止し、計画的な市街化を図るため必要があるときは、**市街化区域**と**市街化調整区域**(市街化を抑制すべき区域)との区分(**区域区分**あるいは**線引き**という)を定めることができる。

(3) 土地利用の制限と誘導

都市計画においては、住居、商業、工業などの**用途地区**に加えて、高度地区、防火地区、風致地区、臨港地区など多くの**地域地区**が指定されている。これらの地域地区では、その特性に応じて、道路幅員、敷地区画や建物の用途をはじめ、高さや建蔽率、容積率など多くの制限・誘導が行われている。

(4) 建築基準法による制限

建築基準法は、建築物を建設する際や建築物を安全に維持するための技術的基準などの具体的な内容を規定したものであり、国民の生命・健康・財産保護の最低基準とされる。建築基準法は、**単体規定**と**集団規定**

とに分けられる。前者は、個々の建築物及び敷地が単体で安全・快適さを維持機能するための必要最低限度の規定であり、後者は、都市計画区域内の建築物を対象とし、都市計画法の用途地域に基づく土地の利用目的に照らして、建築物が健全な都市環境の一要素として機能するための規定である。

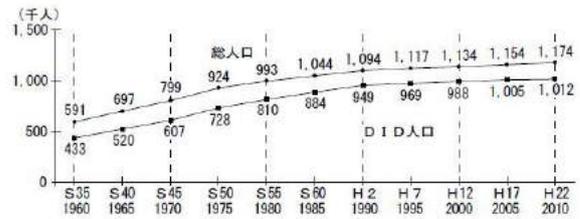


図 3-1 広島市の人口の推移

3. 災害対応型の土地利用規制・誘導について

2014年8月20日に広島市安佐南区（山本、緑井、八木地区）および安佐北区（可部地区）で大規模な土砂災害が発生し、75人の死者を出した。日本都市計画学会では中四国支部が中心となって、この災害の詳細と背景・原因に関する検証を行った。以下、その提言『豪雨・土砂災害に対する防災まちづくりの方向』²⁾の概要を紹介する。

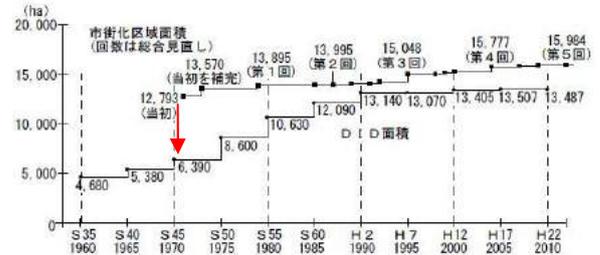


図 3-2 広島市の市街化区域、DID の面積

(1) 人口増加及び市街化区域指定の経緯

今回の災害の背景には、山地に囲まれた狭い平地に市街地が展開する地形と、高度経済成長期およびその後の都市化による都市部への人口の集中に対し、増加する人口を収容する市街地の確保を目的として、市街化区域を拡大してきた歴史がある。図 3-1 と図 3-2 はこの経過を示したものである。また、図 3-3 と図 3-4 には、広島市の地形と昭和 46 年以降の都市計画区域、市街化調整区域の広がりの様子を示している。今回の被災地区は、昭和 46 年、48 年の当初線引きによって、市街化区域に指定された。これらの地区では、都市計画区域のギリギリまで市街化区域の指定が行われ、都市計画区域外と市街化調整区域と間に市街化調整区域が存在せず、山裾の緩傾斜地に宅地が開発されている。

(2) 都市計画等諸制度の問題点

都市計画制度については、土地利用規制、開発許可などに関して次のような問題点があげられている。

1) 都市域の再編と土地利用の制限

今後の人口減少や効率的な都市経営を念頭に置けば、土砂災害特別警戒区域指定地を市街化調整区域に編入（逆線引き）することが必要である。これについては、コンパクトシティへの移行という政策に基づいた「居住誘導区域」を設定し実施することも考えられる。

より安全な地区への居住誘導として、まず、①土砂災害特別警戒区域を市街化調整区域に変更し、移転助成制度（熊本県、広島市で 2015 年度に開始）を充実、拡大することが必要である。また、その後、跡地を、②災害バッファゾーンとして土地利用を転換して都市近郊農地利用（市民菜園、観光果樹園などの観光農園化）を推進する。災害から都市を守るために都市計画メニューの総合的な見直しを行い、地域地区として「防



図 3-3 広島市域の地形

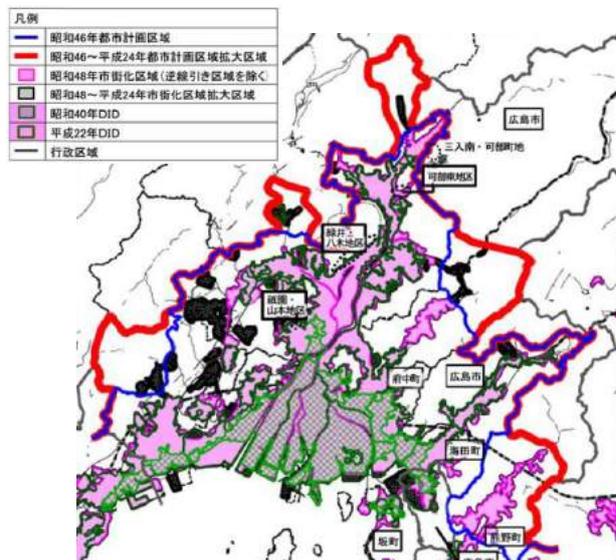


図 3-4 線引きの経緯

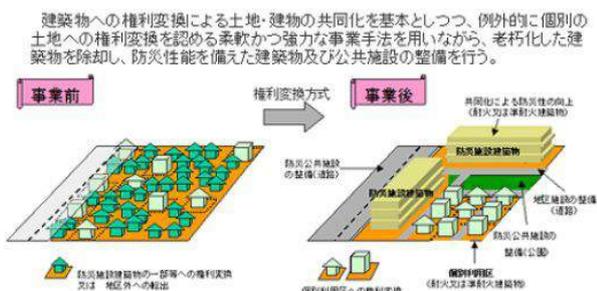


図 3-5 防災街区整備事業

水地域」を追加してそれに応じた建築指導を可能にする、防土砂型の防災街区整備事業を追加して土砂災害に強い市街地形成を誘導する、などが考えられる。

2) 都市計画メニューの充実

都市計画における防災は、長らく地域地区の「防火・準防火地域」が代表であったが、地震による密集市街地の火災対応のため、密集市街地整備法による防災街区整備事業(図 3-5)や、近年津波対応の一団地の津波防災拠点市街地形成施設が追加された経緯がある。

今後は土砂災害に対応して、防災・減災の観点からの建築物の構造強化 (RC 構造) と街区単位の土砂防災機能の強化などの市計画のメニューを充実させる必要がある。具体的には次の通りである。

- ①建築物の構造強化に関しては、特別警戒区域内の住宅や店舗への土砂の侵入を防ぐための改修 (外壁の補強, コンクリート擁壁の設置, 窓をふさぐ工事等) や近隣一時避難場所確保のための堅牢な RC 造建築物の建築への助成を行う
- ②土砂災害特別警戒区域内の建築物について、下流部の複数の建築物を含めて一団地認定 (一敷地一建築物の原則の例外として認められた制度) を行い、上流部建築物において合理的に RC 構造化を誘導する。

3) 開発許可の厳格化

開発行為の許可や宅地造成等規制法による工事許可に際して、許可権者による開発技術基準が適用されるが、近年の降雨量の動向等を踏まえて基準数値を再検討する必要がある。

4) リスク情報の公表

当該地区では土砂災害危険箇所、土砂災害警戒宅地造成により山林地形が変更された部分の土砂災害危険箇所の内容更新がなされていなかった。また、これらの危険箇所の情報については、土地・建物の購入、賃貸住宅の取引に際して法令に定めがなく、買い手・借り手に対し、不動産業者から説明の義務がなかった。こうした現状に対し、広島県では、不動産関係の協会等と「不動産取引の機会をとらえた防災情報の周知」に関する協定を締結した (2015 年 3 月)。これは、基礎調査に基づくハザードマップ等を用いて宅建業者か

ら住宅購入者等へ物件の危険度情報提供する取り組みであり、実効性の観点から全国拡大することが望まれる。

5) 避難路の確保

被災地の住宅地区は緩斜面に沿って開発されており、災害時には地区に通じる主要な道路に沿って土砂が流れるため、主要道路は避難路として使えない場合がある。また各住宅に接道する道路は主要な道路から横方向に伸び、行き止まりになっているケースも多く、住民が避難できずに逃げ遅れることもあった。したがって、防災・減災まちづくり手法として、土地区画整理事業を活用して、防災関係公共施設及び既存の都市計画道路の整備と一体に土地区画整理事業を行い、**横方向避難道路の整備**、公園等の整備と宅地の整序をおこない、安全性の確保、宅地の利用促進を図ることが必要である。

(3) まとめ

この章では、広島県の豪雨土砂災害の報告書の内容を整理して、市街地における土砂災害の防災まちづくりの方向性をまとめた。都市計画の観点からは、災害危険地域の適正な指定、災害危険地域を市街化地域から市街化調整地域へ編入する逆線引きと居住誘導、跡地の自然的後土地利用への転換の必要性、防災に強い市街地づくりのためのメニューの整備 (新しい地域地区の設定、防災街区整備事業、一団地認定を活用した建築物の補強)、危険の周知の義務化、開発基準の見直しなどの方向性が出されている、今後はこうした方向性を制度に組み込み実現していくことが望まれる。

4. 都市防災性向上のためのリスク情報の公表

第 3 章で、居住地の災害危険度 (リスク情報) の公表が 1 つの課題として提起された。そこで、本章ではこの点に関連して、筆者らが実施した研究^{3), 4), 5)}から、福岡市での住民意識調査をもとに、震災を対象とした都市防災に対するリスク情報の公表による土地利用制限等の防災政策への市民の受容 (合意形成) への効果について紹介する。

(1) 市街地更新を誘引する政策推進プロセス

全国の大都市の市街地部には、老朽化した木造住宅が密集し、街路も狭隘で公園等のオープンスペースも不足した防災上危険な木造密集市街地が存在する。それらの地区は交通利便性が高い都心部等に残留し、潜在的には基盤整備を伴う都市開発により高い収益が期待できるものも存在する。しかし、そのすべてが民間

主導での堅牢建築物への建て替えや開発行為等による基盤整備につながるものではない。

都市防災政策を実施する行政等の公的主体と市民との間では、リスク情報の公開を通じて、情報の非対称性⁽¹⁾が解消される。リスク情報の公開は、「課題認識」、「議論形成」、「政策の正当化」というリスク・コミュニケーションの過程を踏みながら、個人の具体的行動や公的主体等による防災施策の社会的受容の醸成に至る。その際、第一義的には個人の自発的選択に基づく行動を重視することが必要である。なぜなら、土地利用制限、事業実施等、行政の直接的介入は、一定の政策目的を追求しているものの「消費者の選好を必ずしも反映しない、公的セクターの判断に基づくものが多い」、「画一的で強い介入を伴うものになりがち」、「その結果、消費者の多様な選好に基づく最適化行動をゆがめ、全体の厚生水準を下げってしまう」等の批判があるからである。ただし、「課題認識」の段階で、その実情が相隣環境ひいては社会全体に負の影響を及ぼす可能性が考えられる場合、情報の非対称性の解消のみでは施策として不十分な場合が存在する。そのような場合に、公的主体による直接介入に対する社会的需要が高まる。政策の選択は、負の外部性⁽²⁾や被害想定等の程度を踏まえ各種施策から選択されることになる。この過程を踏み、政策が正当化され、実施に移行することになる。このプロセスを体系化したのが図4-1である。

(2) 防災に関する市民の意識構造

福岡市では震災施策の推進のため、2007年からリスク情報の公表を起点とした施策を開始している。具体的には、地震による「ゆれやすさマップ」を公表し、市民意識の向上を図るとともに、耐震改修に係る条例制定、各種公共事業等を実施している。しかし、「ゆれやすさマップ」の認知度やリスク情報の公表や充実等に関する意識は把握されておらず、これと関連付けた震災施策を講ずるに十分な分析がなされているとは言えない。このため、筆者ら^{3),4),5)}は、市民を対象に意識調査を実施した。その概要を表4-1に示す。意識調査の結果、多くの市民(82.3%)が何らかの被災経験があるあるいは災害に対して恐怖を感じたと答えている。危険と感じる災害(複数回答可)については地震が63.5%、河川の氾濫が39.8%であった。また、大地震の際に心配なこと(複数回答可)では、火災の発生59.1%、建物の倒壊70.6%の2つが高い。情報公開に関する意識では、ゆれやすさマップの認知状況で、「知らない」が57.5%と過半数を占めた。ゆれやすさマップの公表が必要な理由(複数回答可)では、自宅の安

全性の判断材料とするための85.0%、身の回りの防災・避難の準備のための56.1%と高いが、移転や家屋の補強等の費用が掛かる対策のためは16.3%と低い。行政が実施する防災施策に対する意識に関しては、

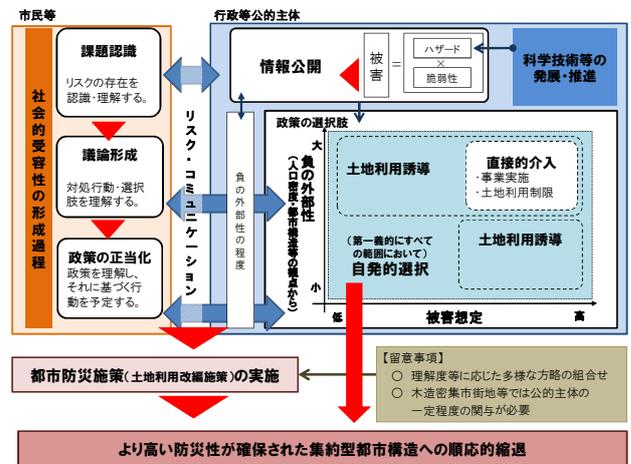


図4-1 防災政策受容のプロセス

表4-1 意識調査の概要

項目	調査内容(福岡市民)
調査期間	2011年10月4日～10月13日
調査対象 調査方法	【調査対象者】 福岡市全域に住む住民、調査対象地域は無作為2段階抽出により選定。 * 世帯の意向を代表する世帯主に対して回答を求めた。 【調査方法】 調査は郵送式にて実施した。
回収率	配布数:10,000通 有効回答:2143通(回収率:21.4%)
質問項目	・ 災害や防災に対する意識 ・ リスク情報の公表・充実に関する意識 ・ 行政関与に対する意識 等 【世論調査との同一項目】 被災経験、居住地域に対する危険意識、危険と感じること 大地震の際に心配なこと、自主防災活動との関わり

表4-2 分析に用いた潜在変数と観測変数の内容

潜在変数	観測変数	得点	
情報公開・充実	リスク情報の公表	必要 1 不要 0	
	リスク情報の充実	必要 1 不要 0	
	防災行動	防災活動への参加	あり 1 なし 0
		耐震改修	対策済
1年以内に予定			3
いずれ予定しない			2 1
リスク情報の活用内容		居住地選択	6
		耐震改修の判断材料	5
	日常的な防災の準備	4	
	安全確認用	3	
	その他	2 1 1	
行政関与	防災支援の内容	公共事業 助成交付 マップ公表等で十分	ダミー変数
	防災の主体	行政主導	ダミー変数
		地域主導 個人主導	
土地利用規制への受容意識	居住等の利用禁止	4	
	上乗せ規制	3	
	その他	2	
	不要	1	

規制の必要性に関しては、強める必要があるが 70.2% 高く、行政による規制や制限に対し一定の受容意識があることが把握できた。リスク情報に基づく規制の内容では、構造強化等の条件の付与が 86.8% と高いが、居住等を禁止するは 10.7% と低く、居住禁止のような強い規制は想定していないことがわかる。行政に求める防災対策では、公共事業の実施 49.0% と、個人への助成金の交付 33.0% が高く、「マップの公表や規制で十分」は 7.9% と低く、防災事業への期待感が見られる。地域防災力の向上の主体では、行政主導が 46.0% と高いが、個人主導 26.1% や、地域主導 21.0% と、行政以外もほぼ同率存在する。

(3) 共分散構造分析

情報の公開が、直接的間接的に、自己の防災活動、行政への期待や施策（規制）の受容意識などに、どのように影響を及ぼすかについて、統計的に因果関係をモデル化できる共分散構造分析法を用いて分析した。

分析に用いたデータは 1712 サンプルで、潜在変数、観測変数は表 4-2 に示す項目を用いた。分析の結果得られた因果構造モデルを図 4-2 に示す。

このモデルは、試行錯誤の結果意味的に妥当であり、かつ適合度が比較的良好な構造を選択したものである。適合度指標 $GFI=0.843$ 、 $AGFI=0.738$ で、モデル全体の統計的有意性は高く、各パス係数（矢印上の係数で関連の強さを表す）もすべて高度に有意（P 値がほぼ 0）であった。

この因果構造は、「情報公表・充実」が「防災行動」に直接的な影響を及ぼすことを示すと同時に（パス①：係数 1.000）、パス①と比較して連関性は低い「情報公表・充実」が「行政関与」にも直接的な影響を及ぼすことを示している（パス②：係数 0.112）。また、「防災行動」と「行政関与」が、「土地利用規制への受容意識」に直接的な影響を及ぼすこと（パス③：係数 0.146、パス④：係数 0.145）を示している。つまり、情報公表・充実が、2つの潜在変数を介して、土地利用規制への受容意識に影響を及ぼすといえる。

この結果から、「情報公表・充実」は、リスク・コ

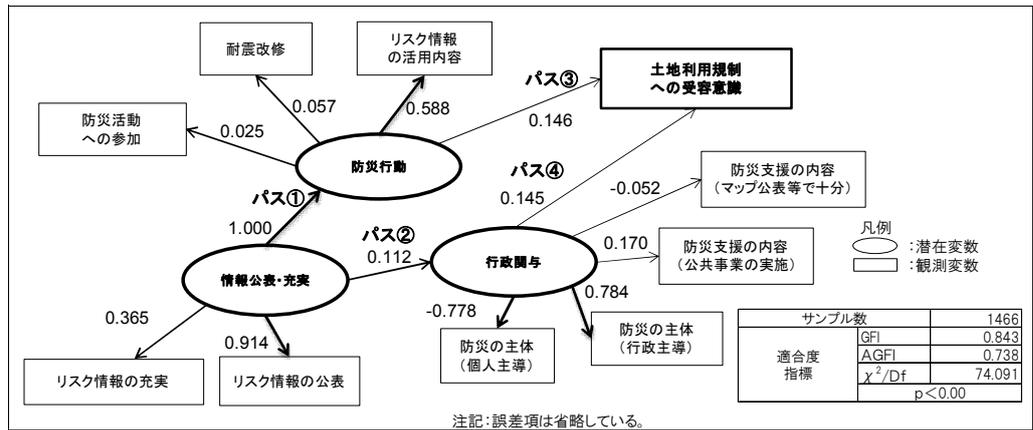


図4-2 因果構造モデル

ミュニケーションの起点にあり、市民の防災行動に関する意識の醸成に連関があると同時に、土地利用規制に対する受容意識を高める波及効果があるといえる。加えて、この連関よりは弱い、「情報公表・充実」と行政関与に対する受容意識を高める関係にあり、これを通して、「土地利用規制への受容意識」を高める波及効果があるといえる。

また、観測係数について言及すると、「防災行動」のうち、「リスク情報の活用内容」の係数(0.588)が高く、「情報公表・充実」は、「リスク情報の活用内容」の意識醸成につながるといえる。「行政関与」では、「防災支援の内容(公共事業の実施)」が相対的に高い係数(0.170)を示し、また、「防災の主体(行政主導)」の係数(0.784)が高いことから、「情報公表・充実」は、公的関与の重要性の認識や期待感を高めることにつながるといえる。

(4) まとめ

情報の公表・充実、行政関与、土地利用規制は相互に関連しており、情報の公表・充実は行政関与に直接的な影響を与え、行政関与を通して土地利用規制に間接的な影響を及ぼす。このことから、情報の公表・充実は、土地利用規制への受容性を高め、安全な土地利用への誘導に寄与するといえる。

5. 広域災害後の救助・救援のための道路網

これまで、災害のたびに道路網の重要性や脆弱性が繰り返し議論されてきた。阪神淡路大震災では直下型地震によって建物や都市高速道路が倒壊し、都市内道路網が機能不全に陥った。このときには都市道路網の強靭さが問題となった。東日本大震災では、津波によって太平洋沿岸で多くの都市が壊滅し、沿岸の幹線道路が寸断されたため、広域的な代替路の確保に東北自動車道等が効果的に活用され、道路啓開を中心とした「くしの歯作戦」が話題になった。また、近年の集中

豪雨で山間部への連絡路が途絶し集落が孤立する事態が各地で多発しており、連絡路を含めた道路網の代替性が問題となっている。

災害時の道路網の役割としては、まず被災した道路の代替経路を確保して、迅速な救助救援活動を支えることが必要である。そのためには普段から、災害の種類・規模に応じた道路網の代替性、多重性の高い道路整備を行っておくことが重要である。

(1) 緊急輸送道路ネットワーク

阪神淡路大震災での教訓を踏まえ、地震直後から発生する緊急輸送を円滑に行うため、高速自動車国道、一般国道及びこれらを連絡する幹線道路と知事が指定する防災拠点を相互に連絡する道路として、平成8年から、各道路管理者が計画を作成することとなった。

ここで、緊急輸送とは、災害発生時の人命の安全、被害拡大防止、災害応急対策の円滑な実施を図るための救助・救急・医療・消火活動及び避難者への緊急物資の供給等に必要となる人員及び物資等の輸送をいう。また防災拠点とは、地方公共団体の庁舎等の所在地、救援物資の備蓄地点及び広域避難地等を指す。

緊急輸送道路ネットワーク計画は、各都道府県及び政令指定都市単位で策定し、対象地域はその全域とする。対象地域の地域特性をふまえ、防災拠点を効率的に連絡し、緊急輸送道路として有効なネットワークとするため、①第1次緊急輸送道路ネットワーク（県庁所在地、地方中心都市及び重要港湾、空港等を連絡する道路）、②第2次緊急道路ネットワーク（第1次緊急輸送道路と市区町村役場、主要な防災拠点（行政機関、公共機関、主要駅、港湾、ヘリポート、災害医療拠点、自衛隊等）を連絡する道路）、③第3次緊急道路ネットワーク（その他の道路）の3段階に分けて策定する。そして、第1次、第2次のネットワークにおいては、多重化、代替性を確保するよう努め、特に、脆弱区間（規制区間、狹隘区間、防災対策の要対策箇所等）については、この点を考慮することが求められている。

(2) 道路網の多重性、代替性の評価法

1) 防災拠点間の同時連結の必要性

防災拠点には、広域交通拠点（空港、駅、高速道路インターチェンジ、港湾など）、指令的拠点（地整、県庁、市町村役場、区役所等の災害対策本部、県警本部など）、実動的拠点（地整工事事務所、県土木事務所、警察署、消防署、自衛隊、救急医療機関、道の駅、物資集積所）、地域拠点（避難場所など）のランク⁽³⁾が考えられる。

防災拠点間の道路の連結は、災害の発生状況に応じ

た、災害対策本部からの連絡（指令）、実動的拠点から被災現場、避難場所等への要員（部隊）の派遣・応援、機材や物資の運搬と実動拠点相互の物資・機材等の融通のために必要となる。指定された防災拠点が必ずしも全て同時に機能する必要はなく、災害の発生場所や規模によって、中心的に実動する拠点の組み合わせ（実動体制）は異なるが、災害の状況に応じて効率的に機能する体制を短時間のうちに整えるためには、指定された防災拠点相互が道路で連結されていることが必要である。

2) 災害時の道路網分析におけるツリーの重要性

道路網上の任意のノードをつなぐために必要な最低限の道路網は、ツリー状の道路網であるから、災害時の道路網の連結性の基本にあるのはツリー構造である。そして、道路網に求められる多重性、代替性は、ツリーにリンクを一本ずつ加えることで高まる。このように、道路網形状の代替性、多重性の評価は、ツリーによる最低限の連結性の評価を基礎として成立する。

以下では、ノードを連結するツリーの形状について述べる。

ネットワーク内のすべてのノードをつなぐツリーを**全域木**という。また、ネットワーク中の特定のノード群をつなぐツリーを**シュタイナー木**という。なお、シュタイナー木を構成するノードには、特定ノード以外のノードも含まれる。**図 5-2(左)**がシュタイナー木であり、赤色線のリンクですべての拠点ノード（青○印）を連結しており、緊急輸送道路ネットワークの最低限の姿であることが理解できる。

1組2本のシュタイナー木は共通なリンクを持つのが一般であるが、これに対して、共通でないリンクで結ばれた複数のシュタイナー木を「互いに素なシュタイナー木」という（**図 5-2(右)**赤と緑）。互いに素なシュタイナー木は、相互に完全なリンク代替性を持つため、一方のシュタイナー木のどのリンクが途絶しても、他方のシュタイナー木によってすべての重要ノードを連結することができ、完全な2重の代替が可能である。この意味で道路網の多重性の分析に有効である。

また、シュタイナー木の多重性は、それを構成する

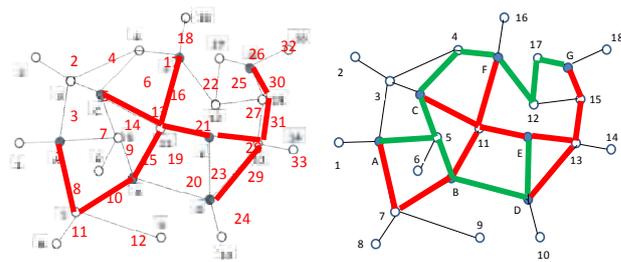


図 5-2 シュタイナー木と互いに素なシュタイナー木

一本のリンクの途絶に対して、そのリンクを含まないシュタイナー木(代替木)が存在するか否か、さらには代替木の数によっても表現される。

3) 多重性, 代替性の評価方法

あるシュタイナー木を構成するリンクのいずれか1本が途絶した場合に、当該シュタイナー木が別のシュタイナー木に姿を変えることができる道路網は、そのリンクの途絶に関して寛容である(自由度が高い; 強靱である)といえる。また、不可欠リンク(そのリンクが途絶すると重要拠点を連結することができない)が多いツリーは、自由度が低いツリーであるといえる。このように、道路網の多重性, 代替性については、道路網内のシュタイナー木の数, 互いに素なシュタイナー木の数(n本の互いに素な木の組み合わせ数), 不可欠リンク数などが評価の尺度になりうる。

(3) リンクの途絶確率を用いた分析

リンクの途絶確率を用いることができれば、全域(重要拠点)の同時連結確率を定義できるため、道路網の多重性, 代替性を改めて評価する必要がなくなる。

多重性は道路網上のノードの連結状況を表現する指標の一つである。しかし、1組のODペア間に互いに素な2ルートが存在しても、それらが同時に途絶することも考えられ、ODペア間の往来が100%保障されるわけではない。要は、全域(重要拠点)が同時に繋がっている確率が問題となる。

したがって、災害時のリンク個々の途絶確率を推定できるのであれば、それを用いて、道路網内の連結すべき拠点間の同時連結確率あるいは重要なODペア間の連結確率を計算し、道路網の連結性を議論する必要がある。

リンクとノードの連結状況のみに基づく道路網の多重性, 代替性は、道路網の状態を表す指標に過ぎず、実際に救援活動や、救援物資の輸送ができるかなどの道路網利用者へのサービスレベルを表す outcome (結果) 指標ではない。

1) 確率を用いたシュタイナー木の分析

道路網中のあるリンクの途絶に対して、シュタイナー木(全域木)が確保される確率を求める。

リンク a の途絶確率を p_a とすると、重要拠点がシュタイナー木(j)によって連結される確率は、

$$P_j = \prod_{a \in N_j} (1 - p_a) \quad (1)$$

で表わされる。ここに、 N_j はシュタイナー木を構成するリンク集合である。この状況をモデル道路網で示したのが図 5-3 であり、左上図の赤線で示したシュタイナー木の連結確率、その一部(リンク 28)が途絶した場合の代替的ツリーの例とその連結確率が示されている。

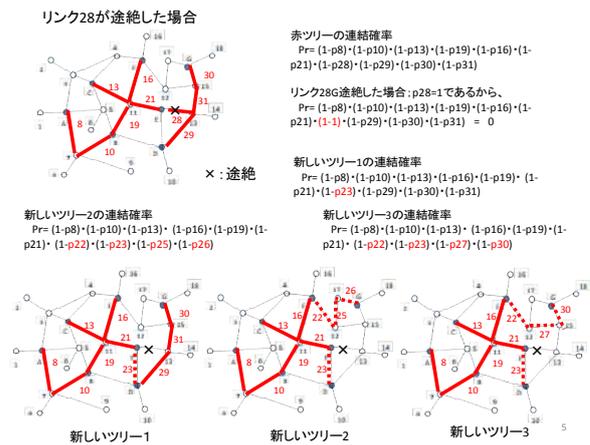


図 5-3 シュタイナー木のリンク途絶と代替路

この例では、リンクの 28 の途絶に対して様々な代替ツリーが存在し、代替性は高いといえる。

2) 道路網の連結確率最大化問題

次に、連結確率が最低となった防災拠点の連結確率を一定値まで引き上げる問題を考える。

防災拠点の連結確率レベルを一定値以上にするという制約条件のもとに、目的関数を最少リンク数, 最短ツリー延長, 最短ツリー総移動時間, 最小通行困難度(途絶確率×距離または時間), 拠点間距離(所要時間)の総和などとした次のネットワーク構成問題が考えられる。

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z &= \sum_{a \in L} l_a x_a \\ \text{s.t. } & p_{ij} \geq p_0 \quad (\text{for all } i, j (i \neq j) \in N,) \\ \text{and } & x_a = 1 \text{ or } 0 \quad (\text{for all } a \in N) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、

a : リンク番号, L : リンク集合, l_a : リンク a の長さ(所要時間), N : 対象ノードの集合, i, j : N に含まれる任意のノード, p_{ij} : ノード i とノード j の連結確率, p_0 : ノード間の連結確率の許容最低値

6. おわりに

本稿では、都市計画における防災を考えるにあたって、まず第 2 章で、都市計画の目的・範囲と主な制度について概観した。

次に第 3 章では、2015 年 8 月の広島豪雨災害の教訓から得られる今後の都市計画における課題を整理し、人口減少・高齢化の局面において、集約型市街地の形成とも歩調を合わせた、市街化区域と市街化調整の再編成に基づく土地利用規制の強化や、都市の縮退に対応した市街地の自然的土地利用への転換と移転補助、ハザードマップ等の情報の積極的公表、土砂災害危険地域での一団地としての開発規制と避難路としての横方向道路の重要性、建築基準法に基づいた家屋の堅牢

化、垂直非難のための高層化など、様々な課題と方向性を見出した。

第4章では、地震災害を対象として、ゆれやすさマップ等の情報公表が、市民の防災意識の変化を通して、防災活動、防災まちづくりへの理解と受容につながるプロセスを、意識調査のデータを因果構造モデル分析によって明らかにした。

最後に、第5章では、震災のような広域的な災害の発災後の救助救援活動を円滑に行うための緊急輸送道路ネットワークの紹介とその効率的な計画手法に資するツリーを用いたネットワーク分析法について考え方を述べた。この方法はこれまでなかったネットワーク全体の多重性の関する評価方法であるが、開発途上であり、今後研究を深化させたいと考えている。

筆者にとって防災対策の論文執筆は初めての経験であり、この稿をまとめるにあたって、防災対策の範囲の広さと深さを改めて実感した。最後に、この機会を与えていただいた九州大学橋本晴行教授をはじめ、研究会の皆様感謝の意を表したい。

補注

- (1) 公的主体は情報を知っているが住民は知らないなど
- (2) 木造老朽建築物が密集する市街地（災害脆弱地区）では、各画地は開発後の純不動産収入が開発前を上回る時点で開発される。しかし、地区全体の安全度が低いことから、健全な建物を建築したとしても十分な賃料収入を獲得できない。さらに、建設費用や建物資産税率が相対的に高い。その結果、健全な建物の純不動産収入（利益）は脆弱な建物よりも少なく失われ、開発タイミングが遅れる。さらに、賃料収入は他区画の開発状況の影響を受けるため、各区画の開発タイミングの遅れは、各区画の開発タイミングをより遅らせる。（換言すると、老朽化が進むとともに、純不動産収入はさらに下がり、開発動機はさらにさがる。負のスパイラルに陥る）つまり、災害脆弱地区内における外部性の存在が開発タイミングを最適なタイミングよりも遅らせることになる。
- (3) 筆者の分類である。

参考文献

- 1)国土交通省 HP;都市計画法
- 2)公益社団法人日本都市計画学会中国四国支部広島豪雨災害・防災まちづくり検証特別委員会, 2014年8月20日の広島豪雨災害を踏まえた防災まちづくり検証結果報告書, 2015.5.20
- 3)鐘江正剛, 外井哲志, 梶田佳孝, 福岡市の震災対策の促進に関する一考察, 都市政策研究第14号, pp. 27-37, 2013.1
- 4)鐘江正剛, 都市防災性の向上を意図した市街地更新の促進

に資するリスク情報の公表・充実及び災害脆弱地区での行政関与の在り方に関する研究, 九州大学学位論文, 2013.7

- 5)都市防災性の向上を意図した市街地更新の促進方策に関する研究 - 福岡市と東京都区部の防災意識の比較を通して -, 日本都市学会年報 VOL. 48 2015. 5