

中山間地域における異種道路ネットワーク の構築とその連結性に関する分析 ～高知県香美市物部町を対象として～

秦 啓¹・西内 裕晶²

¹学生会員 高知工科大学大学院 工学研究科基盤工学専攻

(〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)

E-mail: 225078r@gs.kochi-tech.ac.jp

²正会員 高知工科大学講師 システム工学群 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)

E-mail: nishiuchi.hiroaki@kochi-tech.ac.jp

中山間地域における利用の少ない道路の防災的価値を明らかにするために、高知県香美市物部町を事例に道路ネットワークを構築し、その配置構造を分析した。構築した道路ネットワークに災害域のデータを重ね道路の災害寸断を想定した際の道路ネットワークを分析した。また、人口データを重ねることで人が住んでいる地域の繋がりも分析した。その結果、林道を考慮することで中山間地域の道路ネットワークの特性の変化を把握できた。加えて、連結性の改善が見込める道路整備案を作成し、地域の迂回路の増加等の変化を試算した。その結果に基づき、林道を道路ネットワークに加味することで、今後の中山間地域での道路整備の在り方を考察した。

Key Words: road network, network analysis, connectivity, mountainous area

1. はじめに

今日、わが国の中山間地域では少子高齢化に伴う人口減少がすでに顕在化しており、今後の税収の減少でインフラの整備・維持が困難となることが懸念される。現状の道路の費用便益分析は交通の3便益と呼ばれる便益が計算されており、中山間地域では多くの道路で交通量が多くなく、便益が少なく見積もられる場合も懸念される。

一方で、中山間地域では、土砂災害等の災害リスクも高いことが知られ、実際に発災した際には集落が度々孤立している。加えて、東日本大震災の際には岩手県内の9本の林道が災害時の迂回路として利用された事例が存在する¹⁾。このように、中山間地域に道路が存在することで災害対策効果等があるものの、それらが道路便益評価に含まれていない。また、道路管轄の違いにより市町村が把握していない道路が存在し、今後の中山間地域の道路維持のため、災害対策のためにも現状の把握が求められる。本研究は、今後の中山間地域における道路ネットワークの選択と集中による維持管理手法の検討に資するために、まず、利用の少ない道路の防災的価値を明らかにすることを目的とし、現状の道路ネットワークの把握

とその配置構造を分析する。

2. 先行研究と位置づけ

(1) 先行研究

林道などを含んだ道路ネットワークを取り扱う研究について整理する。松本ら(2000)²⁾は今後の山村地域の基盤整備の推進のため、地域路網を客観的に把握することが重要であるとし、地域路網の特性評価を複数の評価事例を元に指標をまとめ、各指標の有効性について検討した。渡辺ら(2014)³⁾は東日本大震災時の「命の道」の事例を元に、異種道路ネットワーク作成の意義と効果を整理した。中澤ら(2008)⁴⁾は中山間地域の直線距離と道路延長の関係(迂回率)を計測する手法と迂回に影響を与える因子について検討し、迂回の程度に影響を与えている要因を明らかにし、地形図上で計画延長が予測できる可能性を示した。近藤ら(2010)⁵⁾は広域災害時の孤立集落支援を目的とし、中山間地域や沿岸地域を含む地域で孤立危険度マップを作成した。その過程で、道路復旧の優先順位を決めるための指標としてリンク重要度を定義し、被災リン

クと災害復旧の日数を求め、災害時には外部からの支援を考慮しない自立した対応が求められると主張した。原田ら(2014)⁹⁾や野見山(2014)¹⁰⁾は非重複経路を考慮して、道路ネットワークの接続性(脆弱性や冗長性)に関する評価等を行っている。近年、道路ネットワークの把握と接続性能評価を行い、特に災害を考慮したインフラの維持保全に寄与する研究がなされている。

(2) 研究の位置づけ

本研究では、中山間地域のサンプルとして高知県香美市物部町を対象とし、物部町のすべての車両の通行可能な道路を対象とした、異種道路ネットワークの構築を行う。松本ら(2000)の研究を参考に地域路網全体の規模・連結性・到達性の特性を評価、災害寸断の発生を仮定した道路ネットワークへ適応し指標の変化を把握すること、連結性が向上するような路線の把握を行うとともに、整備案の提案とその整備効果を明らかにする。

3. 研究概要

(1) 異種道路ネットワークの構築

異種道路ネットワークとは公道や林道等の地図に記載されている道、私道や林業用作業道等の地図に記載されていない道をひとまとめにした道路網を指す。作成に用いたデータは香美市認定路線網、中央東林業事業所管内図、香美市林道台帳、Google Maps である。以降、評価の視点となる林道、災害寸断、簡略化について補足する。

a) 林道

「公道のみ」と「公道+林道」の場合を比較することで林道の影響を表現する。道路の分類は公道が国道、県道、市町村道、併用林道、その他道路であり、林道が国有林道、民有林道、作業道とした。対象地域の道路ネットワークを公道と林道で分類した結果を図-1に示す。

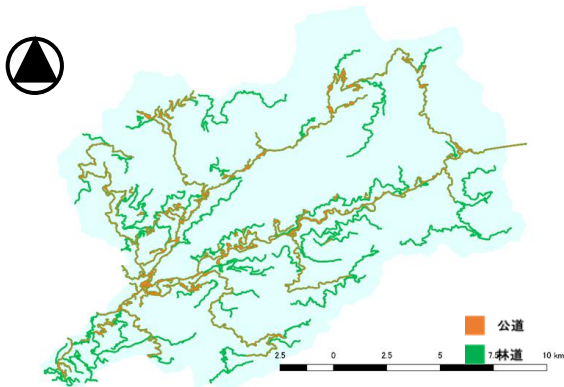


図-1 道路ネットワーク図_公道・林道

b) 災害寸断

「寸断あり」と「寸断なし」の場合を比較することで寸断の影響を表現する。災害寸断の定義は、国土数値情報より取得した、「土砂災害危険箇所」の災害域に道路が含まれている、または、交わっている場合とし、リンクの寸断域のみではなく、リンク全体を寸断させた。災害域と寸断結果を図-2に示す。

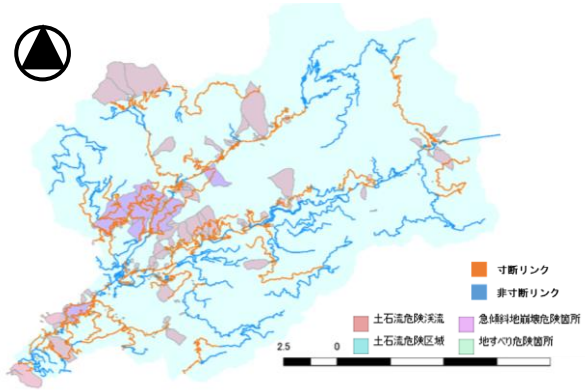


図-2 道路ネットワーク図 寸断・非寸断リンク

c) 簡略化

簡略化は地域の繋がりの方のみの連結性を把握するために実施する。簡略化には株式会社ゼンリンの「平成 22 年国政調査 100m メッシュ推計データ基本指標」を使用した。以下に簡略化の手順を示す。

簡略化の手順

1. 100mメッシュ人口データを地図上に表示する
2. 隣接するメッシュをまとめる
3. メッシュの人口の値を合計する
4. 道路による接続関係に注目してラインを作成する
5. 集落の中心となるノードを設置する
6. ノードとライン以外のデータを非表示にする

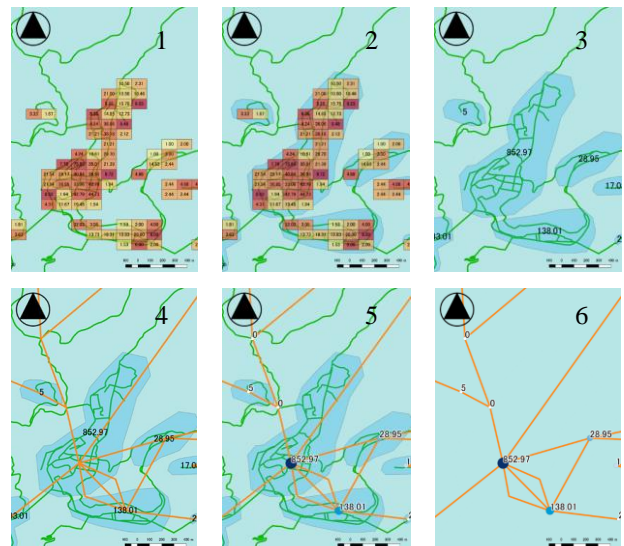


図-3 簡略化手順

また、人口のデータとリンクの接続関係より、リンク重要度を定義した。リンク重要度とは、リンクに各集落から地域中心（本研究では、香美市役所物部分室）へと向かう最短経路上に集落の人口を付加したものとした。

(2) ネットワーク評価

本研究では、路網をプラナー・グラフと仮定しネットワークを評価する。ネットワークデータより取得できる点の数、線の数、最短経路などのデータを使用し、規模、連結性、到達性の3種類の指標を計算した。

(3) 道路整備案の作成

作成した災害寸断、簡略化の道路ネットワーク図を用いて、集落のつながりとその経路上の災害域を元に住民の迂回路となる道路がどこに必要なかを抽出し、6つの整備路線を作成した。また、それらの路線を整備することで得られる効果を試算した。

4. 結果考察

(1) 異種道路ネットワークの構築

図-4には、簡略化した路網を示している。図中の実線は非脆弱リンク、破線は脆弱リンク、丸は集落を示している。図中から分かる通り、一つのリンクが切れることで孤立する集落が存在することが把握できる。なお、本研究ではそのようなリンクを脆弱リンク、ノードを脆弱ノードと定義した。図より、脆弱リンクは地域の南方に多く分布していることがわかる。しかし、対象地域外を含めた場合脆弱でなくなるノードも存在する。

リンク重要度を示したネットワークの一部を図-5に示す。リンク重要度は災害復旧の際の道路復旧の優先順位決めや、地域の利用の集中している道路の推定に用いることが出来ると考えられる。

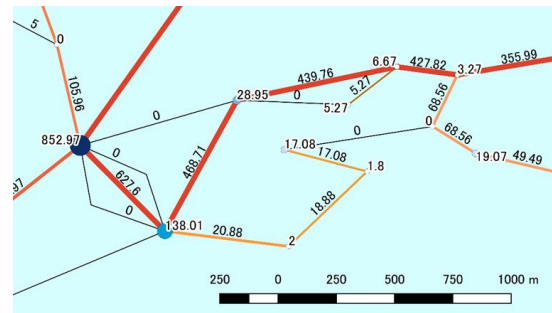


図-5 道路ネットワーク図 リンク重要度

(2) ネットワーク評価

本研究では、閉回路の数に着目して道路ネットワークの連結性を考察する。表-1と図-5には、閉回路の数の簡略化あり、簡略化なしの結果を示している。表の②は林道による影響を表し、林道を考慮することによって増加する回路数が17であることを表す。表の結果より、寸断による閉回路の減少数(④や⑥)や寸断による減少の内、林道に関わる閉回路の数(⑧)も把握できた。簡略化なしのネットワーク上でリンクが寸断した場合、林道を考慮すると閉回路の数の差は1.31倍増加している。同様に、簡略化ありでは1.53倍となった。この結果より、住民の迂回路としてのネットワークでは林道による回路が増加することがわかった。一方で、簡略化なしの場合には、ネットワークの形状の問題により連結性が過小評価される場合があることに注意する必要がある。

表-1 閉回路数計算結果

簡略なし			簡略あり		
①	公道のみ寸断なし	μ 54 (個)	→	②	割合 31%
			↓	③	公道+林道寸断なし
				差 17	μ 71 (個)
				割合 31%	
④	割合 -50%	差 -27	→	⑤	割合 -56%
			↓	⑥	公道+林道寸断あり
				差 -40	μ 31 (個)
				割合 -56%	
⑦	公道のみ寸断あり	μ 27 (個)	→	⑧	割合 15%
			↓	⑨	公道+林道寸断あり
				差 4	μ 31 (個)
				割合 15%	
簡略あり			簡略なし		
⑩	公道のみ寸断なし	μ 17 (個)	→	⑪	割合 53%
			↓	⑫	公道+林道寸断なし
				差 9	μ 26 (個)
				割合 53%	

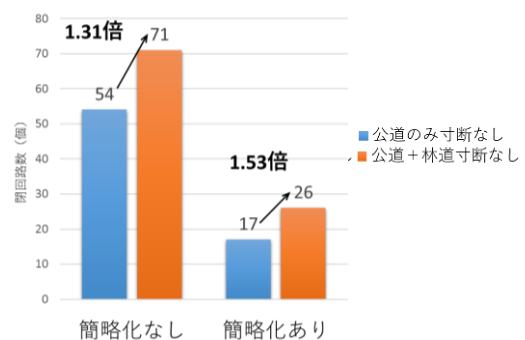


図-5 閉回路数計算結果比較

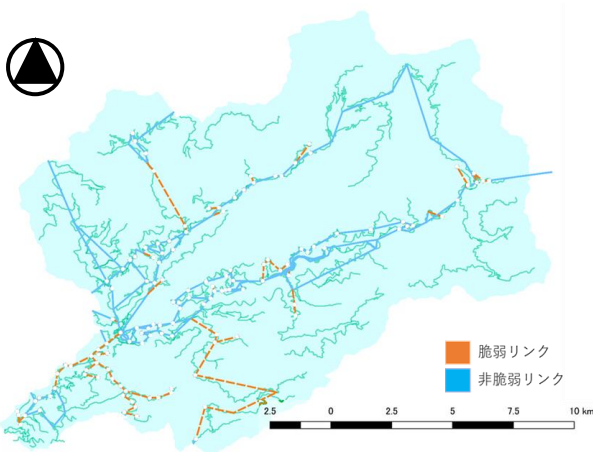


図-4 道路ネットワーク図 脆弱・非脆弱リンク

(3) 道路整備案の作成

対象地域内の 6 つの整備路線の位置を図-6 に、その整備詳細を表-2 に示す。

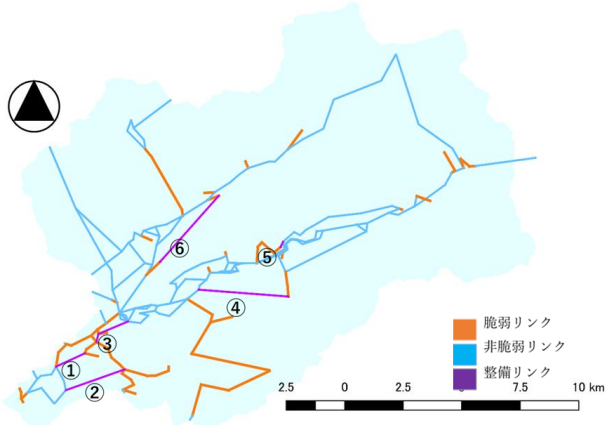


図-6 整備リンク位置図

表-2 整備詳細

路線	脆弱リンク減少数(災害域内)	代替路獲得人数	整備推定距離	備考
1	7(4)本	94.23人	50mから150m	
2	9(4)本	109.22人	60mから180m	
3	5(3)本	110.99人	1.0kmから2.0km	
4	1(1)本	142.02人	500mから1.0km	計画あり
5	4(4)本	21.98人	300mから600m	
6	2(2)本	337.03人	170mから510m	計画あり

図-7 には、整備シナリオの路線 1 を示している。図より、整備によって脆弱リンクが 7 本減少しその内 4 本が災害域内のリンクであること、迂回路ができ脆弱ノードでなくなるノードの人口の合計が 92.21 人であることがわかった。また、簡略化ありと簡略化なしのネットワークを重ねることで、脆弱な地点と詳細な道路情報が可視化され、整備の必要性があり、かつ、整備距離の短い整備シナリオを把握することができた。

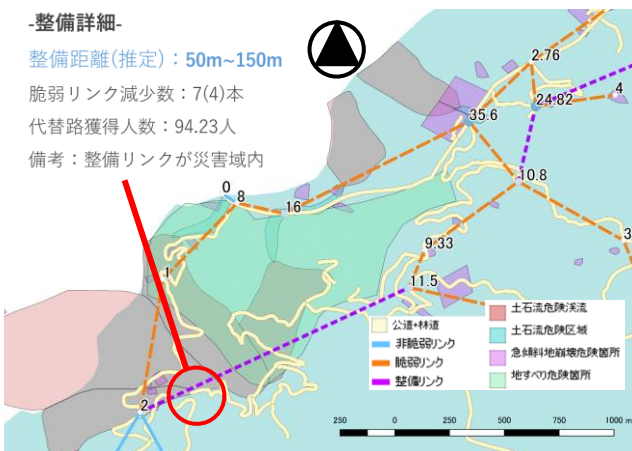


図-7 整備路線 1 整備詳細・位置図

5. おわりに

本研究は、今後の中山間地域における道路ネットワークの選択と集中による維持管理手法の検討に資するために、利用の少ない道路の防災的価値を明らかにすることを目的とし、異種道路ネットワークの構築、ネットワーク評価、災害シナリオの作成を行った。

異種道路ネットワークの構築では、地域の路網の把握や、簡略路網より、地域の脆弱な集落を把握できた。ネットワーク評価では、特に閉回路数の指標で林道の地域路網への影響が把握できた。災害シナリオの作成では、地域内の整備効率のよさそうな地点の把握や、その防災的価値が把握できた。

本研究では、整備した場合の効果は把握できたが、費用便益分析に適応させるには、貨幣価値に換算する必要がある。今後取り組むべき課題である。また、対象地域を広げ、実際は脆弱でないノードやリンクを正しく評価する必要がある。加えて、香美市土佐山田町のような市街地を含んだ場合のネットワーク評価指標の変化を把握することが、今後求められる。

参考文献

- 1) 渡辺美紀：「異種の道」ネットワークづくりと GIS 基盤の活用, 先端測量技術, 106, pp.40-53, 2014.
- 2) 松本武, 北川勝弘：山間地域における道路網の配置構造解析と評価指標の検討, 日本林学会誌, 82(2), pp.154-162, 2000.
- 3) 中澤昌彦, 岡勝, 田中良明, 吉田智佳史, 近藤耕次：中山間地域における道路網の迂回に関する一検討, 森林利用学会誌 22 巻 4 号 p.261-264, 2007.
- 4) 近藤伸也, 照本清峰, 太田和良, 片家康裕, 高尾秀樹, 河田恵昭：道路閉塞に着目した広域災害における集落の孤立危険度マップの検討, 生産研究 62 巻 4 号 p.417-419, 2010.
- 5) 原田剛志, 倉内文孝, 高木朗義：リダンダンシーを考慮したアクセシビリティに基づく道路ネットワークの接続脆弱性評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 70 巻 1 号 p.76-87, 2014.
- 6) 野見山祥吾：非重複経路を用いた道路網の冗長性比較分析, 京都大学大学院工学研究科, 都市社会工学専攻, 修士論文, 2014.

(2018.4.27 受付)