

氏名（本籍）	安藤 宏恵（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第563号
学位授与日付	令和2年3月25日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	Vulnerability and connectivity evaluation of road network by topological analytics (ネットワーク形状解析による道路ネットワーク脆弱性・接続性評価)
学位論文審査委員	(主査) 教授 高木 朗義 (副査) 教授 倉内 文孝 准教授 出村 嘉史 外部審査委員 宮城 俊彦 外部審査委員 應 江 黔

論文内容の要旨

災害発生時における道路の重要性は平常時にもまして高まり、大規模災害が発生したとしても機能不全を起こさないような道路ネットワークの構築は重要な課題である。これに対し、最短経路配分や交通量配分などのネットワーク計算法に依存した従来手法では、その計算量および計算メモリの関係で大規模かつ高解像度なネットワークへの適用は困難であり、なおかつ計算結果により得られる脆弱地点はネットワーク端部で顕著にあらわれること、ランクの低い道路を無視することにより実際の接続性と異なる結果がえられることなどの課題が指摘されている。このような課題に対し、本研究ではネットワーク形状解析手法を適用することを提案している。ネットワーク内の切断されやすい断面を推定する Spectral Partitioning 法と、ネットワーク内の接続性評価に固有ベクトル中心性指標を用いることで、従来の交通工学的知見に基づく計算結果と類似しつつ、計算を大幅に短縮することが可能であることを示している。本研究で得られた主たる知見は以下のとおりである。

- ・ ネットワークにおける重要リンクを見つける方法として Spectral Partitioning 法を活用することを提案し、計算結果がネットワーク容量モデルによる重要リンク抽出手法と類似することを示した。また、Spectral Partitioning 法の計算量はネットワーク容量モデルと比較して大幅に少なく、提案手法は大規模ネットワークにも適用可能である。
- ・ ネットワーク上のノードの接続性評価のために固有ベクトル中心性指標を活用することを提案し、非重複経路の数え上げ法による接続性評価と類似した結果が得られることを示した。固有ベクトル中心性の計算量も非常に小さく、任意の解像度、サイズのネットワークに適用可能であることも示された。さらに、ネットワーク解像度により計算結果の解釈が異なることもあり、提案した、ネットワークサイズに依存しない方法論の有効性が示された。
- ・ 提案した接続性評価手法を用い、異なる交通指標を重みに設定することでネットワークを異なる視点で評価し、さらに因子分析を用いることでそれらの間に潜む内部要因を明らかにしたうえで、クラスター分析によりノードを類似した傾向でグループ分けしている。この結果を用いることで、それぞれの地域に対して望ましい整備の方向性を示している。さらに、道路ネットワークの経年変化により固有ベクトル中心性の値の均質性が向上していること、異なる整備方針を固有ベクトル中心性指標の変化から評価可能であることが明らかになり、提案手法は十分実用的であることも示した。

論文審査結果の要旨

本論文は従来計算負荷や計算メモリの関係で何らかの簡略化やエリアの限定が必要であった道路ネットワークの脆弱性、接続性評価に対し、ネットワーク形状解析手法を援用することでその計算負荷を大幅に緩和した上で類似した結果が得られることを示しており、その新規性は大きい。さらに、提案手法の実ネットワーク適用を通じ、災害を含めた接続性評価やネットワーク形状の経年分析などが簡単に実施できることを示しており、実用性も高い。このように、学術上実務上寄与するところが少なくないと考えられ、今後の実用上の展開が大きく期待される。

最終試験結果の要旨

学位論文審査委員会では、令和2年2月14日に上記審査申請者に対して最終試験を行った結果、本申請者は十分に学位授与に値するものであり、合格と判定した。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

1. 固有ベクトル中心性指標による道路ネットワーク評価の検証
交通工学研究発表会論文集, vol39, pp.675-680, 2019.
安藤宏恵, Michael G.H. Bell, 倉内文孝
[3.4 in Chapter 3, 5.2, 5.3, 5.5 in Chapter 5 に記載]
2. Network Topology 指標による道路ネットワーク整備の効果検証に関する研究
土木学会論文集 D3（土木計画学）, 75（6）掲載決定済
安藤宏恵, 倉内文孝
[6.2, 6.3, 6.4 in Chapter 6 に記載]