論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Vulnerability of Transportation Networks to Cascading Failure
著者(和文)	杉下佳辰
Author(English)	Kashin Sugishita
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11168号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:朝倉 康夫,屋井 鉄雄,室町 泰徳,福田 大輔,花岡 伸也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11168号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	杉下 佳辰	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	朝倉 康夫	教授	花岡 伸也	教授
	審査員	屋井 鉄雄	教授		
		室町 泰徳	准教授		
		福田 大輔	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Vulnerability of Transportation Networks to Cascading Failure (交通ネットワークのカスケード故障に対する脆弱性)」と題し、全 6 章で構成され、英文で書かれている。

巨大で複雑なネットワークシステムは、時に、非常に小さな障害が要因となってシステム全体が崩壊に陥る。このような現象はカスケード故障(cascading failure)と呼ばれ、ネットワーク科学の分野で研究が進展してきた。電力網や通信網でカスケード故障が発生するシステムの性質は研究されているが、交通網に関する言及は少ない。本論文では、ネットワーク科学と交通工学の両分野におけるネットワーク脆弱性に関する研究の全体像を明らかにし、カスケード故障の性質把握とリスクマネジメントの理論について述べている。

第1章は序論であり、背景、目的、論文構成について述べている。

第2章では、オンラインの学術データベースである Web of Science から、network および vulnerability をキーワードとする論文データを取得し、論文をノード、引用関係を有向リンクとするネットワークを構築して巨大弱連結成分を抽出した上で、コミュニティの構造と各コミュニティ内における研究の系譜を明らかにするとともに、コミュニティ内外の引用関係を可視化している。ネットワーク科学と交通工学の分野間の引用関係を分析した結果、カスケード故障研究と交通ネットワークの脆弱性研究の間には双方向の引用関係がほとんど存在せず、両分野の知見を相互に活かす余地があることを確認している。

第3章では、ネットワーク科学におけるカスケード故障モデルを用いて、ネットワークの異質性に起因する耐攻撃性の差異を示すとともに、カスケード故障に対する新たなリスクマネジメントを提案している。社会的ネットワークの分析で提案された指標を既存研究とは正反対に用いて影響度の低い要素を特定し、これを意図的に破壊することでネットワーク全体を防護するものである。既存手法と比較して大幅に計算コストが削減されるだけでなく、異質性の高いネットワークに対して、より効果的に損害を軽減できることを示している。

第4章では、グリッドロックを交通網のカスケード故障として捉えた上で、第3章のリスクマネジメントを応用する形で、リンク除去(閉鎖)によるリスクマネジメントを提案している。スループットがゼロの状態であるグリッドロックは、カスケード故障の終局状態に相当するものであり、ネットワークに対して限定的な事象が初期故障となって最終的にグリッドロックに至った場合、その一連の現象はカスケード故障であるといえる。交通制御において重要とされる経路選択行動が障害の波及に与える影響について分析した結果、ネットワークポロジのわずかな差異が大きく影響し、経路選択行動によって自然にグリッドロックを回避する状況と障害の連鎖を拡大させる方向に働く状況があることを明らかにしている。

第5章では、概念の学際的融合について議論している。これまでは主にネットワーク科学の静的な分析手法が交通網へと適用され、リンク媒介中心性が公共交通網の動的特性を反映させる形で応用されて脆弱性研究が進展してきた系譜を示している。ネットワーク科学で研究対象となっている異質性の高いネットワークは、その脆弱性がネットワークポロジに強く支配されると考えられるため、フローモデルを単純化してもシステムの性質が失われにくい可能性を指摘している。道路網のように同質性の高いネットワークの脆弱性は、ネットワーク科学においてあまり議論されていないことから、交通工学からネットワーク科学への概念応用が期待できると同時に、あらゆるネットワークシステムにおけるカスケード的事象が類似したべき則に従って発生していることに注目し、交通システムで発生するカスケード的事象でもこの普遍性が観測される可能性があることを示唆している。

第6章は結論であり、得られた成果および今後の課題を整理している。

以上要するに、本研究は、ネットワーク科学と交通ネットワーク研究の両分野におけるネットワーク脆弱性に関する既往研究の全体像を客観的かつ包括的に明らかにするとともに、カスケード故障の性質の解析手法と故障回避の方法に関する理論を構築したものであり、交通工学の学術領域にとどまらずネットワーク科学の領域へも展開できる有益な知見が得られているため、博士(工学)として十分な価値を有するものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。