

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	鳥澤 一晃
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	環情博乙第396号
学位授与年月日	平成26年6月30日
学位授与の根拠	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第2項及び 横浜国立大学学位規則第5条第2項
学府・専攻名	環境情報学府 環境リスクマネジメント専攻
学位論文題目	震災時の事業継続能力向上のためのサプライチェーン地震リスクマ ネジメント手法
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 佐土原 聡 横浜国立大学 教授 大谷 英雄 横浜国立大学 教授 三宅 淳巳 横浜国立大学 教授 田才 晃 横浜国立大学 准教授 吉田 聡

論文及び審査結果の要旨

平成26年5月8日、16時15分～17時45分に環境情報1号棟305号室において、学位論文の公聴会を開催し、質疑応答が行なわれた。その後、同301号室において審査会を開催し、慎重な審査の結果、審査委員全員一致で、学位論文として十分な内容があると判定した。

論文概要は以下のとおりである。

近年、事業継続計画(BCP)の考え方が広まりつつある。BCPの特徴は、従来の防災における人命安全と被害軽減に加えて、重要業務の継続または早期復旧を主な目的としていることである。災害時にも事業を継続するには、自社の拠点レベルでの機能確保だけでは不十分であり、調達先・供給先等を含むサプライチェーンでの機能維持が必要である。東日本大震災では被災地が東北から北関東まで広範囲に渡ったため、サプライチェーン寸断による事業中断被害が甚大であった。被災地では地震動や津波によって多くの工場が建物・設備に被害を受け操業不能に陥ったため、そこから素材・部品を調達していた工場も連鎖的に生産停止となった。さらに、多数の工場の生産停止が他の素材・部品の需要減少につながり、被災していない別の工場が減産に至った例もあった。また、サプライチェーンの構造が従来から変わっていたことも被害を拡大させる要因となった。従来は企業系列でメーカーが分かれて広い裾野を形成するピラミッド型の構造であったが、コスト競争の激化や要求技術の高度化等のためにメーカーの淘汰が進み、企業系列とは関係なく特定のメーカーに依存する形へ構造が変化していた。それがボトルネックとなって、サプライチェーン寸断による事業中断被害を助長した。東日本大震災以後、特に製造・小売・流通等ではサプライチェーンでのBCPの重要性が再認識されている。

以上の背景を踏まえ、本研究では、震災時の事業継続能力向上に資するため、サプライチェーンの事業中断リスクを定量化し、それに基づきボトルネックを特定して、合理的な対策選定の意思決定を支援する手法を構築した。

本論文は7つの章で構成されている。

第1章は序論である。研究の背景と目的を記し、既往研究の概要と本論文の構成を示している。

第2章では、サプライチェーン寸断による事業中断リスク評価モデルを構築している。まず、サプライチェーンのモデル化のために、経営工学のサプライチェーン・マネジメントにおける知見を参考にして、基本的なプロセスと構成要素を整理している。すなわち、サプライチェーンは原料調達、製品生産、製品出荷の3プロセスと考えている。また、原料調達の部分では、仕入先のサプライヤーと配送のための物流が構成要素となり、製品生産の部分では、工場の建物、設備、ライフラインが構成要素となる。製品出荷の部分では、納入先の顧客が構成要素である。これら構成要素のいずれか一つでも支障が生じると、サプライチェーンが途切れ、最終プロセスの製品出荷に影響が出ることになる。各プロセスの間にはそのような不測の事態に備えたバッファとして、在庫が

考えられる。本研究では、サプライチェーン全体を各要素から構成される一つのシステムと考え、フォールトツリーでモデル化している。次に、フォールトツリー解析に基づくサプライチェーンの事業中断リスク評価手法を定式化している。フォールトツリーは一般にシステムの停止確率を算出するために用いられるが、各要素の停止事象は互いに独立、かつ、その復旧作業は同時に開始という条件の下では、各要素の停止期間の確率分布を用いて、システムの停止期間の確率分布を算出できることを示している。

第3章では、第2章で構築したサプライチェーンの構成要素の一つである設備システムについて、構成機器の停止期間の確率分布の評価手法を構築している。システムを構成する機器ごとに地震時に停止する確率と停止したときの停止期間の確率分布をそれぞれモデル化し、それに基づき機器ごとの地震時の停止期間の確率分布を算出する方法を示している。それを用いたシステム全体の停止期間の確率分布の算出は、第2章に示されたとおりである。また、地震時の建物機能維持のために特に重要と考えられる電源システムを対象に事例解析を行ない、提案手法の有効性について確認している。

第4章では、第2章で構築したサプライチェーンの構成要素の一つである物流に関して、地震時の道路ネットワークの機能支障によるサプライチェーンへの影響を評価するために、道路の通行止めを確率論的に予測する手法を構築している。従来の道路被害予測は物的被害が中心で、それに起因した通行止めを予測する研究例はほとんどない。そこで、東日本大震災における道路通行止め情報をGISデータ化し、その回帰分析に基づき地震時の道路の通行止め確率と通行止め期間の確率分布のモデルを導出している。

第5章では、第4章で構築した地震時の道路通行止め予測モデルに基づき道路ネットワークの機能支障を確率論的に予測する手法を構築するとともに、物流の途絶によるサプライチェーンへの影響を評価する手法を構築している。道路ネットワークの交通機能を示す指標には最大フローを用い、地震時の道路ネットワークの機能支障は最大フロー低下率で求めている。最大フローを最大輸送可能量とみなせば、最大フロー低下率によりサプライチェーンへの影響を定量化可能である。すなわち、最大フロー低下率に基づき、原料調達不足で工場が生産停止に陥る確率を評価する方法を提案している。また、東日本大震災と同程度の地震動と津波を想定して、岩手県を対象に内陸の物流拠点から沿岸部の工場への原料輸送に関する事例解析を行ない、提案手法の有効性について確認している。

第6章では、第2章から第5章で構築したサプライチェーンの事業中断リスク評価手法とその要素技術を用いて、サプライチェーンの事業中断リスクマネジメントに関する事例解析を行なっている。合理的なリスクマネジメントを行なうには、全体最適の視点でボトルネックとなる要素を特定して、優先的に対策を実施することが望ましい。そこで、フォールトツリー解析における確率重要度を拡張して、それを要素の停止期間の累積確率から算出し、値が大きいものをボトルネックと評価することを提案している。また、サプライチェーンの事業中断期間を短縮する対策案として、耐震補強、分散調達、在庫確保の3つのオプションを考慮し、それらをサプライチェーンのフォールトツリーに組み込む方法を具体的に示している。南海トラフ巨大地震で大きな被害が想定されている愛知県を対象に、仮想のサプライチェーンを設定して、確率重要度によりボトルネックを段階的に把握するとともに、対策実施後の事業中断期間の累積確率の変化を順次算出している。また、その結果に基づく対策選定の意思決定について例示し、提案手法の有効性について確認している。

第7章は結論である。本研究で得た知見をまとめ、今後の課題を示している。

以上のように、本論文は、震災時の事業継続能力向上のために企業が取り組むリスクマネジメントにおいて、サプライチェーンの事業中断期間をフォールトツリー解析により確率論的に評価する手法を提示するとともに、事業中断期間の累積確率からサプライチェーンのボトルネックを特定し、各種対策による事業中断期間の短縮効果を定量的に算出して、合理的な対策選定に係る意思決定に関する知見を提供するもので、今後の企業のBCP策定の一層の推進とそれに伴う社会・産業の防災力向上に貢献することが期待される。

したがって、博士（工学）の学位授与に値するものと認められる。

語学力に関しては、論文提出者は博士論文に関連した米国のCUREE(地震工学研究に関する大学連合、Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering)との2年間にわたる共同研究の担当を務め、同研究の英文の報告書の第4章(26ページ)を執筆しており、十分な英語力があることが確認された。また、修了要件に対する単位の取得状況、ならびに公表論文数を含め、環境リスクマネジメント専攻で定める審査基準を満たすことも確認した。

以上より、合格と判定した。