

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

The Method of Seismic Risk Management in Supply Chain for Enhancement of Business Continuity Capability

鳥澤 一晃 Kazuaki Torisawa

1. はじめに

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・設備に被害を受けて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。また、サプライチェーンの構造が従来の形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構造であったが、近年のコスト競争の激化や要求技術の高度化等により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と変化していた。それがボトルネックとなり、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。

2. サプライチェーンの事業中断リスク評価モデル

サプライチェーンをモデル化するために、経営工学でのサプライチェーン・マネジメントに関する知見を参考に、基本的なプロセスと構成要素を整理した。サプライチェーンは原料調達、製品生産、製品出荷の3プロセスで考えた。製品生産の部分では自社工場の建物・設備・ライフラインを構成要素と考え、原料調達と製品出荷の部分では調達先のサプライヤ、出荷先の顧客、施設間の配送をその構成要素と考えた（Fig. 1）。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。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システムと考えて、フォールトツリーでモデル化した（Fig. 2）。

また、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について、定式化を行った。フォールトツリーは、一般的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、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、システム全体の停止期間の確率分布を算出できることを示した。

3. 設備システムの機能停止リスク解析

2.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、システム構成機器における地震時の停止期間の確率分布の評価手法を構築した。具体的には、機器ごとに地震時に停止する確率と停止期間の条件付き分布をそれぞれモデル化して、それらに基づき機器ごとに地震時の停止期間の確率分布を算出する方法を示した。複数の機器から構成

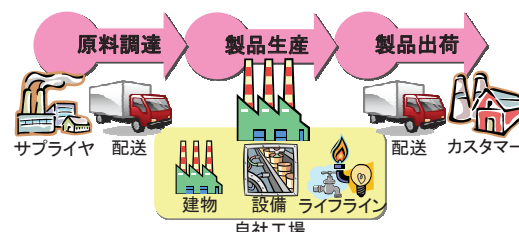


Fig. 1 本研究におけるサプライチェーンの概念図
(Concept of Supply Chain in This Research)

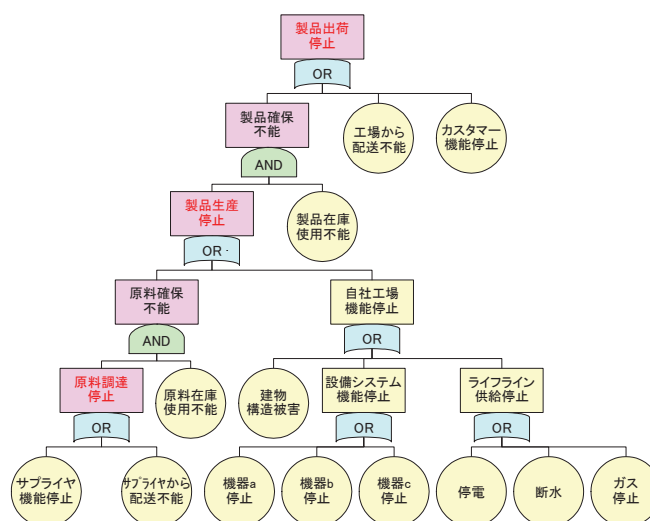


Fig. 2 サプライチェーン寸断に関するフォールトツリー
(Fault Tree for Supply Chain Disruption)

される設備システム全体の停止期間の確率分布は、それらを用いて算出する。また、地震時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た。

4. 道路網機能支障による工場の操業停止リスク解析

2.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ついて、地震時の道路網機能支障による影響を評価するため、道路通行止めを確率論的に予測する手法を構築した。本研究では、東日本大震災における道路通行止め情報をデータ化し、その回帰分析に基づき地震時の道路通行止め予測モデルを導出した。また、道路通行止め予測モデルに基づき道路網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た。道路網の機能性を示す指標には最大フローを用い、地震時の道路網の機能支障は最大フロー低下率で求めることとした。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することが可能となる。また、東日本大震災と同程度の地震動と津波を想定して、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い、提案手法の有効性について確認した。

5. サプライチェーンの事業中断リスクマネジメント

2.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3.および4.で構築した要素技術に基づき、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った。合理的なリスクマネジメントのためには、サプライチェーンの構成要素の中から、サプライチェーン全体の停止期間への影響が大きい要素をボトルネックとして特定し、優先的に対策を実施することが重要である。本研究では、フォールトツリー解析で用いられる確率重要度を拡張して、各要素の停止期間の累積確率に基づき評価することを提案し、その値が最大のものをボトルネックと定義した。また、サプライチェーンの事業中断期間を低減する対策には耐震補強、分散調達、在庫確保の3つを考慮し、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示した。事例解析では、南海トラフ巨大地震における地震動と津波に基づき、例題として設定した加工・組立産業のサプライチェーン（Fig. 3）の停止期間を確率論的に評価した。また、ボトルネックへ対策を施した場合の目標復旧時間の達成可否を評価した（Fig. 4）。目標復旧時間の達成確率の変化により対策の効果を定量的に把握することができ、提案手法が対策選定の意思決定に有効な情報を提供可能であることを確認した。

6. まとめ

本研究では、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した。また、構成要素の停止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短縮効果を定量的に算出して、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。本研究で得られた知見は、サプライチェーンを構成する企業におけるBCP策定の推進と、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。

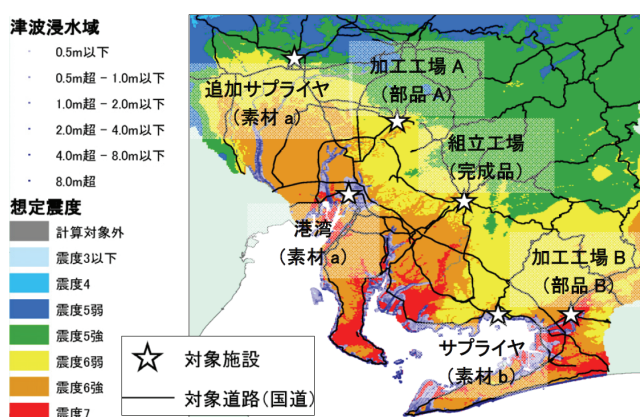


Fig. 3 事例解析で対象としたサプライチェーン施設 (Target Facilities of Supply Chain for Example Analysis)

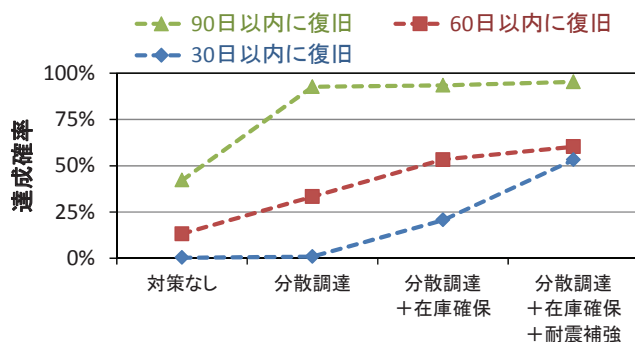


Fig. 4 対策ごとの目標復旧時間の達成確率 (Achievement Probability of Recovery Time Objective)

キーワード: 事業継続計画, 地震リスク, サプライチェーン, フォールトツリー, 機能停止期間
Keywords: business continuity plan, seismic risk, supply chain, fault tree, downtime