

サプライチェーンに関わる事業継続性評価シミュレータの研究

Study on the Simulator of Supply Chain Continuity

近年、自然災害やシステム障害などが事業に大きな影響を与える事例が相次ぎ、災害等が発生しても事業を継続させるための事業継続マネジメント (BCM) の重要性が増している。製造業ではサプライチェーンによって複数の拠点を通して事業が行われる。したがって、一拠点の障害がサプライチェーン全体に影響を与えるため、サプライチェーン全体の事業継続計画 (BCP) の策定・評価が必要とされている。本報告では、製造業のサプライチェーンの BCP を対象とする BCP 評価シミュレータを提案する。提案システムにより、災害直後に代替拠点を設置する対策など、様々なタイミングでの対策シミュレートを実現した。また、シミュレーションにより、サプライチェーンの BCP のキャッシュフローとバックオーダーを定量的に評価できる。

氏 名	ローマ字
山崎 伸晃	Yamazaki Nobuaki
手塚 大	Tezuka Masaru

1. はじめに

地震や水害などの自然災害やシステム障害による社会基盤の停止により、事業が大きな影響を受ける事例が相次いで発生している。例えば 2007 年 7 月に発生した新潟県中越沖地震では、新潟県柏崎市にある自動車部品メーカーが被災した。このメーカーからシールリングやピストンリングの供給を受けていたトヨタ、日産自動車、三菱自動車など多数の自動車メーカーも次々と生産停止に追い込まれた。さらに、自動車メーカーの生産停止に伴って、全国各地の他の自動車部品メーカーも連鎖的に生産を停止する事態となった¹⁾。

また、サプライチェーンのグローバル化によって、従来の国内製造では考慮する必要のなかった国際情勢等によって事業が大きな影響を受ける可能性も出てきている。

このような災害や国際情勢の変化による事業停止を避け、事業を継続させるための事業継続マネジメント (BCM) の重要性が増している^{2), 3), 4)}。

BCM は図 1 に示すリスク管理プロセスにしたがって実施される⁵⁾。まず、自然災害や大規模障害など事業に影響を与えるリスクを特定する。次に各リスクの発生確率や影響度などの分析を行う。例えば、過去の災害データなどをもとに統計的な分析を行ったり、建物の耐震診



図1 標準的なリスク管理プロセス

断を行ったりする。次に事業への影響の大きさに基づいてリスクに優先度を設定し、管理対象とするリスクを選択する。対象リスクが決まると、それらのリスクを解決するためのアクションプランを策定する。アクションプランに基づいてリスク管理を行い、継続的にリスクを監視し、必要に応じて以上のプロセスを繰り返し、プロセス全体の精度を高めていく。なお BCM で実施されるアクションプラン全体を事業継続計画 (BCP) と呼ぶ。

製造業はサプライチェーンによって複数の拠点を通して事業が行われる。したがって一つの拠点だけではなくサプライチェーン全体の BCP の策定・評価が必要とさ

れている⁶⁾。しかし、災害発生から通常状態に戻るまで、物流ネットワークや拠点の状態は複雑に連鎖し、刻々と変化する。そのため、その変化状況を考慮した BCP の定量的評価は困難である。

サプライチェーンの BCP の評価を実現するには、サプライチェーンマネジメント(SCM)に関する技術と、リスク管理技術の両方が必要となる。(株)日立東日本ソリューションズは、SCM 分野を主力事業分野とし、さらにリスク分析・管理分野を新規事業分野として注力している。そこで、この二つの事業分野を融合した技術としてサプライチェーン上の BCP 策定の研究を実施した。本研究は、標準リスク管理プロセスの「(4)リスクの解決」を支援するものである。

2. サプライチェーンのBCP評価と課題

一般的に、BCP の定量的評価にはシナリオ、アクションプラン、評価指標が必要となる。本節ではサプライチェーンの BCP 評価に必要な上記 3 つの要素について述べ、さらに評価を行う上での課題について述べる。

2.1 シナリオ

図 1 の「(3)リスクの優先度付け」によって対象とするリスクが選定される。例えば「宮城県沖での震災」、「海外調達拠点での火災」、「伝染病による工場の停止」などである。このようなリスクがいつ発生し、いつまで継続し、それによりサプライチェーン上の拠点がどのような影響を受け、どのように回復するかを定義するのがシナリオである。

BCP の評価では、複数のシナリオの評価が必要である。

2.2 アクションプラン

アクションプランとはリスクに対する個々の対策のことである。アクションプランは、図 1 の「(4)リスクの解決」の部分に対応する。ここでは「(2)リスク分析」に基づいてアクションプランを策定する。

サプライチェーンのアクションプランには以下の 3 要素が必要である。

- ・ 拠点の多重化
- ・ 拠点の能力増強
- ・ 非常時の代替拠点の設置

ここで、拠点とは自社の工場や倉庫に加え、部品・原材料を供給するサプライヤも含まれる。

「拠点の多重化」とは、一つの拠点の停止によりサプライチェーン全体が停止しないように同機能の拠点を複

数構築することである。

「拠点の能力増強」とは、事業停止による供給の遅れを取り戻すために、生産能力や供給能力等の拠点が持つ能力を増強することである。

「非常時の代替拠点の設置」とは、ある拠点が被災等により一時停止した際に代替拠点を緊急で設置することである。

2.3 評価指標

キャッシュフロー(CF)等の財務指標や、機会損失額、在庫回転率やバックオーダー等、多くのアクションプランの評価指標が考えられる。そこで、製造業関係者及びコンサルタントとともに重要な評価指標の検討を行った。

CF が回らなくなると債務不履行に陥り、事業を継続することができなくなる。したがって事業継続という観点では CF が最も重要な指標である。

また、先に挙げた自動車部品メーカーのように他社にない製品(単一源)の製造を行う企業の製造停止は社会的に大きな影響を与えることになる。このような単一源ではバックオーダー量の最小化やバックオーダー解消時間の短期化が重要となる。

2.4 BCPの定量的評価の課題

サプライチェーンの BCP の定量的評価はシナリオとアクションプランを組合せて以下のように行われる。まず、シナリオによって、サプライチェーンの状況を変化させる。そして、適切なタイミングでアクションプランを実行し、その結果をフィードバックする。最後に、シミュレーションで得られた各拠点の物流量や売上、コストに基づき、バックオーダーや CF を計算する。

このときの課題は、アクションプランの実行時刻を事前に決められないことにある。各シナリオによって、拠点の状況変化の大きさや変化の発生時刻は異なる。また、一つのシナリオに対してアクションプランは複数実行されるため、その組合せ方によってもサプライチェーンの状況変化が異なる。従って、複数のアクションプランを様々なシナリオに対して評価するためには、時刻をトリガーとするのは適切ではない。

そこで、サプライチェーンの BCP の定量的評価では、サプライチェーンの状況に応じて、適切なタイミングで対策を実行するシミュレーション技術の確立が必要となる。

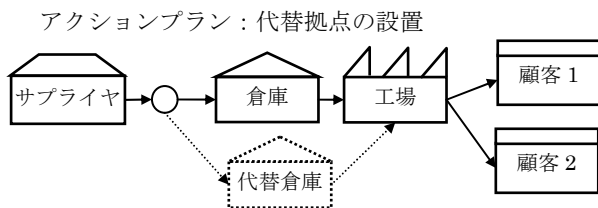


図2 代替倉庫は通常時不活性

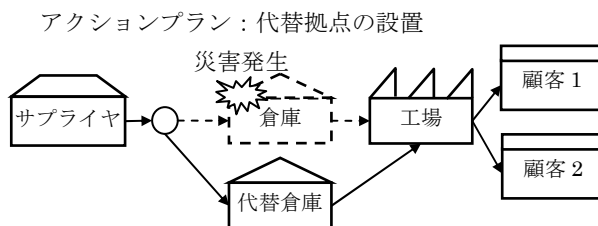


図3 倉庫被災をトリガーとし代替倉庫活性化

3. 実行タイミング設定方法の考案

前節で述べた課題を解決するために、本研究ではアクションプランを適切なタイミングで実行する設定方法を考案した。提案手法では、各拠点に状態（活性化状態、能力、復旧率）を持たせる。活性化している拠点は操業を実行中であり、不活性化拠点は操業を停止中あるいはその時点で拠点は未設置である。また、アクションは自他の拠点の状態をトリガーとして実行される。

例えば、非常時の代替拠点は災害発生等により緊急的に設置される。このような代替拠点は通常時は不活性化状態にあり、あらかじめ設定してある他の拠点の復旧率が0になる（災害停止）などをトリガーとして活性化状態になる。図2、3にこの例を示す。図2の実線部分は、現状のサプライチェーンである。代替倉庫は通常時は不活性であり、図2では点線で表している。これが図3のように通常時の倉庫に災害が発生し、停止すると（すなわち復旧率0）、代替倉庫が活性化し運用が開始される。

このほかに、他の拠点が活性化状態になったら、自拠点は不活性になる、他の拠点の能力が増強されたら自拠点の能力が増強されるなど、様々な属性や状態をトリガーとすることができる。

実行タイミングは、対策実行条件と実行内容を式で設定できる。図2、3の例だと、対策実行条件が「倉庫の復旧率=0」となり、実行内容が「代替拠点=活性化」となる。

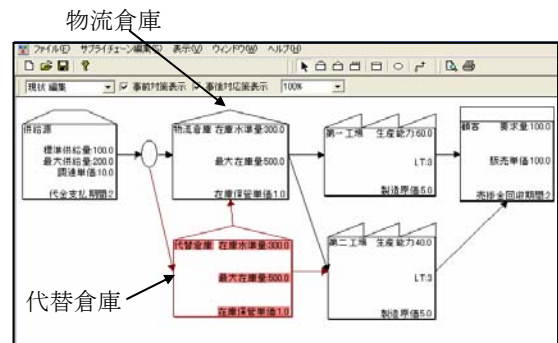


図4 サプライチェーン編集

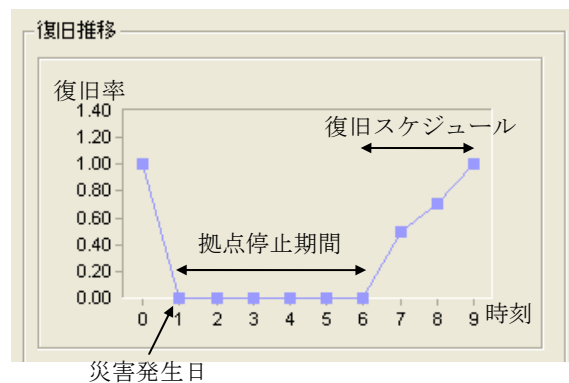


図5 シナリオ設定

4. BCP評価シミュレータの開発

本研究では定量的評価を実現するために、シナリオに基づくシミュレーションによるBCP評価シミュレータを試作した。以降の節では各機能の概要を紹介する。なお、モデルが複雑すぎるとユーザにとって分析結果の活用が困難になるといったことなどから、今回のBCP評価シミュレータでは、単一品目を対象としている。

4.1 サプライチェーン編集機能

サプライチェーン編集機能では、対象品目の現状のサプライチェーン構造を作成できる。図4がその編集画面で、現状のサプライチェーン構造だけでなく、事前対策用の拠点二重化や、事後対策用の代替拠点設置などの編集も可能である。図4の赤色の代替倉庫は、物流倉庫の被災時に代替的に設置する対策用拠点例である。

4.2 シナリオ設定機能

シナリオ設定機能では、サプライチェーン編集機能で構築した現状の拠点の中で、どの拠点がいつ被災するかを設定することができる。また、被災した各拠点はどれぐらい停止し（拠点停止期間）、回復にどの程度要するか（復旧スケジュール）等を設定することができる。図5は、ある拠点の災害シナリオの設定例である。横軸は時

ノード活性化
有効時コスト 無効時コスト

☐ 常に活性 ☒ 条件により活性

物流倉庫活性化状態=0.0

供給源 活性化状態 =

論理演算子 ☐ AND ☒ OR

図 6 拠点活性化のタイミング設定

刻で、縦軸は復旧率となる。復旧率が 0 の場合、拠点は不稼働が停止状態にあり、復旧率が 1.0 になると完全復旧したことを意味する。図 5 のような設定を、災害対象とする各拠点で行うことで一つのシナリオとなる。

さらに、シナリオ設定機能では、災害のシナリオを複数構築することができる。例えば、宮城県沖地震や首都圏直下地震といったように、災害発生場所を変更することで災害拠点を変更したり、災害拠点は同じでも、災害の影響の大きさ（例えば拠点停止期間の大きさなど）が異なるシナリオを設定したりすることができる。これにより、様々な災害シナリオを検討することができる。

4.3 アクションプラン設定機能

提案システムでは、3. で述べた方法に基づき、「拠点の能力増強」と「代替拠点の設置」について、アクションプラン実行タイミングの設定機能を実現している。

3. の図 2、3 のようなアクションを実行するためのタイミングの設定画面例が図 6 となる。図 6 では、設定した条件式が有効の時、拠点が設置（活性化）されることになる。また、条件が有効・無効の時のコスト設定や、複数の条件式の設定も可能である。

さらに、アクションプラン設定機能では、複数のアクションプランの構築が可能である。例えば、あるアクションプランでは代替倉庫を活用し、別のアクションプランでは倉庫の二重化を行うというプランを構築することができる。これにより、様々な対策の検討が可能となる。

4.4 シミュレーション機能と評価機能

シミュレーション機能では、シナリオ設定機能で設定したシナリオとアクションプラン設定機能で設定したアクションプランのある組み合わせについて、災害が発生し、それに対応した対策を行ったときの各拠点の物流量をシミュレートできる。シミュレーションが終了すると、

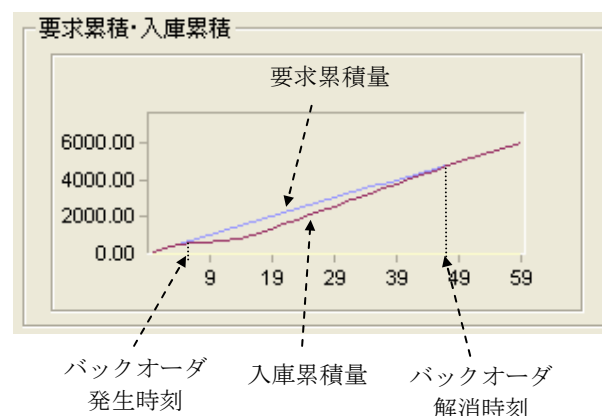


図 7 バックオーダー評価

科目	1ヶ月目	2ヶ月目	3ヶ月目
営業収入	40000	40000	40000
原材料及び商品の仕入支出	4000	4000	11000
保険料	20	20	20
復旧費用	0	44000	1200
その他営業支出	3480	2440	2320
小計	32500	-10460	25460
利息及び配当金の受領額(損害保険金)	0	0	0
営業活動CF	32500	-10460	25460

図 8 キャッシュフロー評価

各拠点の各時刻の入庫量や出庫量といった物流量を画面で確認することができる。

評価機能では、シミュレーション結果に基づき、バックオーダーと CF の評価を行うことができる。バックオーダーの評価画面を図 7 に示す。この図は、サプライチェーンの最終アウトプットとなる拠点（顧客）の各時刻の累積要求量と累積入庫量を示している。累積入庫量が累積要求量を下回っている間は、バックオーダーが発生している。これにより、バックオーダー発生時刻と解消時刻を確認でき、どのアクションプランがバックオーダー解消時間の短期化に貢献できるかを評価することが可能となる。

CF の評価画面を図 8 に示す。CF には営業活動 CF、投資活動 CF、財務活動 CF の 3 つがある。提案システムでは、そのうち、営業活動 CF を評価指標としている。提案システムでは、災害発生以降の各月の CF を定量的に把握することができる。例えば、図 8 では 2 ヶ月目の CF がマイナスとなっている。この結果から、ユーザは評価したアクションとは異なるアクションの検討などを行うことになる。

4.5 アクションプラン・カバレッジ評価機能

提案システムでは、複数のシナリオと複数のアクションプランを作成でき、図 9 に示すように、これらのシナリオとアクションプランの組合せでシミュレーション評

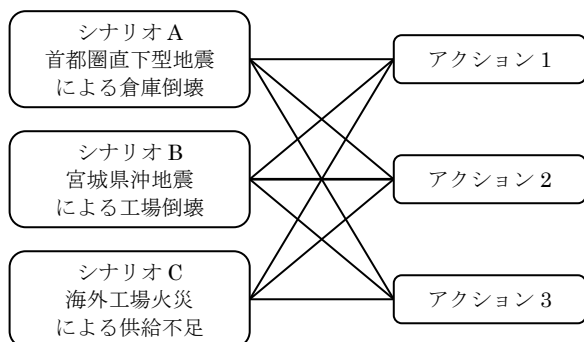


図9 シナリオ対アクション

価を行うことができる。これにより、どのアクションプランはどのシナリオに対して有効なのか、また、できるだけ多くのシナリオをカバーできるアクションプランはどれなのかなどを評価できる。有効な対策の選定を支援することが可能となる。

5. BCP評価シミュレータの活用例

ここでは、提案システムの活用例を紹介する。

5.1 影響度分析（ビジネスインパクト分析）

ある災害シナリオで、アクションプランは何もしないという組合せでシミュレーションを行えば、製品・サービス停止による影響度（バックオーダー、CF）を定量的に評価することができる。提案システムは、図1の「(4)リスク解決」を対象としているが、このように、「(2)リスク分析」でも一部活用が可能となる。

5.2 サプライヤの選定支援

自動車会社などは、自動車部品メーカー（サプライヤ）からの部品供給で製品を製造している。そのため、自社に直接被害がなくても、サプライヤが被災することで、自社製品の生産を停止しなければならない恐れがある。実際に、はじめに述べたように、新潟県中越沖地震でサプライヤが被災したために、連鎖的に多くの自動車メーカーや他のサプライヤの生産が停止した事例がある。

そのような事態に対して、提案システムでは、サプライヤの代替確保等のアクションの検討や、サプライヤの供給能力や災害対応能力を加味した上でのサプライヤの選定を支援できる。

6. おわりに

本報告では製造業のサプライチェーンを対象に、BCP評価シミュレータを提案した。これにより、想定する災害シナリオで検討した対策について、バックオーダー解消

時間や各月のCFを定量的に評価することが可能となる。

BCMはサプライチェーンだけでなく、事業全体の評価や、避難訓練・復旧計画等のプロセスそのものの管理が必要である。したがって、本技術だけでBCMを実現できるわけではないが、事業全体を管理するシステムと連携して活用することで、十分な効果が期待できる。

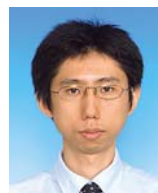
また、本技術は、(株)日立東日本ソリューションズのSCMソリューションの付加価値向上と、リスク分析コンサルティングサービスの充実に貢献できると考える。

今後は、様々な事例に提案システムを適用し、BCM実施を繰り返しながら、モデルを含めたシステムの詳細化を図り、お客様へのソリューション提供につなげていく予定である。

参考文献

- 1)日本経済新聞社：自動車部品メーカー休業、影響は全国に拡大、<http://www.nikkei.co.jp/>, (2007/07/21)
- 2)SEMI 日本地区 BCM 研究会：事業継続マネジメント入門、共立出版、(2005)
- 3)内閣府：事業継続ガイドライン第一版、(2006)
- 4)坂本他：製造業における事業継続計画の策定方法に関する研究、日本品質管理学会年次大会講演・研究発表要旨集、pp.105-108、(2005)
- 5)Smith 他：実践・リスクマネジメント、生産性出版、(2003)
- 6)富田他：製造業のサプライチェーンにおける事業継続管理 新潟県中越地震のケーススタディ、日本経営工学会春季大会予稿集、pp.198-199、(2005)
- 7)伊藤他：富士通における BCP（事業継続計画）策定、FUJITSU Vol.57, No.5, pp.471-481、(2006)

（執筆者紹介）



山崎 伸晃
2002 年入社
研究開発グループ
意思決定、リスク分析、最適化技術の研究・開発
nobuaki@hitachi-to.co.jp



手塚 大
1994 年入社
研究開発グループ
意思決定、リスク分析、最適化技術の研究・開発
tezuka@hitachi-to.co.jp