

ビジネス・コミュニティ型事業継続体制の重要性

渡辺研司・富田秋教

長岡技術科学大学 経営情報系

1. はじめに

2004年10月に発生した新潟県中越地震から1年余経過し、被災から復興までの経緯が様々な形でとりまとめられ、今後の地震対策に反映されつつあるが、本稿では実際の被災企業からのヒアリングなどを通じて得た教訓を、事業継続マネジメントの観点から、企業間サプライ・チェーンにおける被害予測シミュレーションモデルの試作も含めてとりまとめた。

現代ビジネスがサプライ・チェーンやeコマースによりネットワーク型に移行しつつある状況下において、企業がかかわるビジネス・コミュニティの範囲は急拡大し、その中で行われる商取引も量、スピード共に急増している。この背景には、最近の情報・ネットワーク技術の急速な進歩によって、企業のみならず政府機関についても容易にビジネスの拡張が可能となったことがあると言える。しかしながら、一方で、単独企業の事業中断ではなく、サプライ・チェーンやeコマース・ネットワークで繋がれた企業群が連鎖的に事業継続を脅かされるような事故が散見されるようになった。このことは事業中断を引き起こす障害要因の伝播範囲が拡大、かつ伝播スピードも増加しつつあることを示している。新潟県中越地震の際も、長岡市の自動二輪車のメーターを製造する企業の製造工程が中断したことで、サプライ・チェーンの先にある大手自動二輪車メーカーは製造ラインを数日間停止せざるを得なかったケースや、半導体工場の長期閉鎖に伴い、納入先の事

業に機会損失を与えたり、地域の雇用機会を長年に亘り奪ってしまったケースなども確認された。

2. 新潟県中越地震における企業の被災と教訓

(1) 半導体製造工場の被災ケース

新潟県中越地震は上下方向の加速度が1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の約2.5倍もあり、精密な製造工程を持つ半導体製造工場にとっては過去に例のない規模の被災事例となった。被災した半導体製造工場を所有する企業は、資産被害230億円、復旧コスト270億円、売上損失360億円という多額な経済的損失を計上するだけでなく、取引上の信用、ブランド価値、従業員のモチベーションといった無形資産（インタンジブル・アセット）をも減少させることになり、その結果が株価の下落、取引の減少などに繋がり、現時点でも経営上極めて危機的な状況が続いている。

その企業が業績復旧に骨身を削っている最中に、自ら苦勞して得た教訓が先日公表された。厳しい状況下での公表、しかも詳細な報告であったため今後の株主訴訟などの懸念の声も上がるほどのレベルであったが、むしろ半導体製造業界のみならず、他の多くの製造業の地震対策・事業継続マネジメントに活用できるような形で、勇気を持って公表されたという点を大いに評価すべきと考える。

さて、その貴重な経験から得られた教訓をベースに今後の課題をおおくりで取りまとめると

以下の通りとなる。

[建物内被害の事前軽減策]

工場の建屋自体は耐震性をほぼ維持できたものの、内部に設置された装置類のズレや転倒により被害が発生、また、天井配管についても地震によって破管、精密機器類が水をかぶってしまったという「2次災害」的な被害も発生した。(他企業でも同様のケースが散見され、「水害」であると評する企業もある。) 今後は社屋・工場内の装置・器機・部品・書類などの固定、免震床や可動ジョイントの導入などを前向きに導入しなければならない。但し、それでも装置は倒れ、配管は破管することを想定したシナリオを持つことも極めて重要である。

[社屋・工場に入れない事態の想定]

クリーンルームの化学薬品の落下・漏洩による有毒ガスの発生によって入室できなくなり、復旧作業が思いがけず遅延した。これは工場全体や周辺地域にまで及ぶ可能性もあることから、最低限の復旧用機器・用具・通信ツール類や金融対応用品などを備えた代替オフィス・代替生産設備の確保が必要と言える。

[生産キャパシティの地域分散・最適化]

本ケースでは被災地区への生産依存性が高かった。これは従来の在庫の最適化やコスト削減といったSCMに代表されるような経営アプローチのひとつのビジネス判断であったと理解できるが、今後は生産拠点の配置を判断する際の効率性やコスト削減効果には、既に金融分野で導入されている、リスクを織り込んだ形(risk-adjusted: リスク調整後)で議論される必要がある。

[業界内協業の重要性]

今回のケースでは、競合他社が生産の代行を行ったり、重要部材を提供したり、また、装置メーカーからも技術者の派遣と長期に亘る復旧支援を

得るなど、業界内やサプライ・チェーン内での相互支援体制が垣間見られ、その効果も確認された。今後はその場限りではなく、事前の相互支援協定や事業継続計画の共有なども含めた体系的な仕組みの構築を、業界やサプライ・チェーンを挙げて取り組む必要がある。

(2) その他企業(銀行・一般製造業・小売/流通業など)のケース

上記に加え、被災後から継続している企業からのヒアリング調査や、被災時の生産稼働率予測シミュレーター開発に関する議論、政府委員会・学会活動などを通じて得られた教訓を以下に追加的にとりまとめる。

[ライフラインの断続的復旧への対応]

今回の地震は余震というには余りある群発性の地震であったとも言えることから、電気・ガス・水道・道路といった重要社会インフラ復旧も長期に亘り、かつ断続的(復旧後に再度遮断されるなど)であったため、それらのインフラに依存性の高い製造ラインや業務プロセスも復旧後に再び停止を強いられるケースも散見された。その一方で、季節性の高い製造業企業がピーク時の電力需要を賄うために自家発電装置を備えていたために生産ラインを早期復旧させることができたり、また、雪深い地域特有の真冬の落雷(「雪おこし」)対策のために全支店に自家発電装置を備えていた銀行もATMの停止を免れた。更に都市ガスが届いていなかった地域の製造業は、プロパンガスであったためガスの供給自体は問題なかった。

これらのケースは地域限定ではあるものの、他地域においても事業継続性の確保のための選択肢のひとつとして捉えるべきである。

[ピーク時被災シナリオの必要性]

被災企業が口をそろえて「不幸中の幸い」と言うのは、地震発生のタイミングが土曜日の夕方、かつ命を落とした社員がいなかったことである。

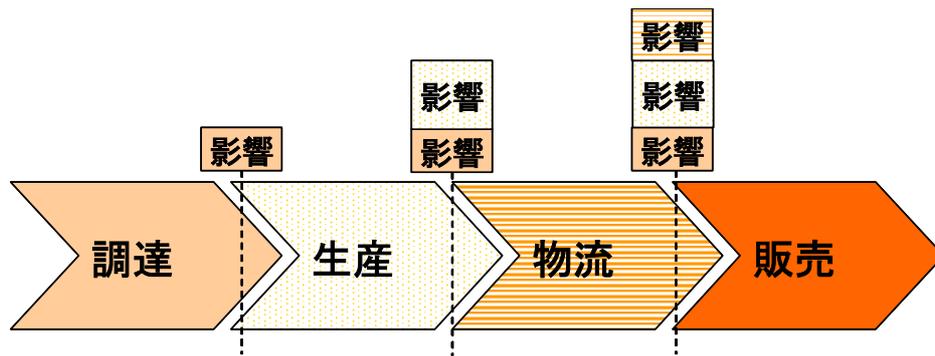


図1 サプライチェーンにおける影響の累積化

リスクマネジメントの世界では自然災害のことを Act of God（神業・天災）と称することがあるが、今回のケースを警告と捉えれば、製造業では稼働率が最も高く気象環境が劣悪のタイミングであったり、金融業であれば年度末で支店への来客数もピークのタイミングで被災した場合の想定も十分に行わなければならないということであろう。

3. サプライ・チェーンを介した被災地域外企業への影響

（1）現行 SCM（サプライ・チェーン・マネジメント）の脆弱性

サプライチェーンの観点から、被災地域外企業の事業中断要因を見てみると、ジャスト・イン・タイム方式による最小限化された在庫に問題があると言えるであろう。在庫を極限まで抑制するジャスト・イン・タイム方式においては企業が部品を最小限しか保有しておらず、中越地震の事例のように、予め代替調達先を確保していなかった企業や、調達先を代替できない特殊部品を採用していた企業は、結果として部品等を生産していた被災地の企業が被災したことによって直接、地震の被害に遭わなかったにも関わらず生産調整や停止を余儀なくされた。また、中越地震の事例からは、現在の在庫を極力保持しないジャスト・イン・タイム方式によって構成されるサプライチェーンでは、その上流で発生した影響が下流に影響

する際、その影響は累積しながら波及していくことが認識された。そして、在庫を保持していないことが、下流に対する影響をより高速化させていることも確認された。

中越地震の場合、結果的に多くの企業が残業対応や休日振り替え等によって、年間の生産計画に影響を及ぼす規模に及んだ企業は多くはなかったが、ジャスト・イン・タイム方式を今後も継続するの可否か、再考する必要があると考えられる。これに付随して、平常時に在庫を保有するコストより震災時に緊急的にその都度対応するコストの方が安価だと考えている企業が多いようである。しかしながら、このコストの明確化は事前対策の決定に大きな影響を与えることから、今後、企業は予め事業継続対策として在庫を保持しておく経費と、被災時にその都度必要となる経費について、シミュレーションなどにより予め把握しておく必要がある。

（2）事業中断要因に関する考察

一連の企業ヒアリング調査から、各企業は建物を中心に過去の震災経験は活かされていることを実感していた。これは、阪神大震災では多数の企業の施設が、全壊するなどの大きな被害を受けたことから、建物を中心とした対策がなされてきたからではないであろうか。その甲斐あってか、中越地震では多くの企業において、建物自体の大きな損傷は見られなかったものの、配管の損傷に

よる漏水、設備の転倒など、建物内部の被害が顕在化したと考えられる。中越地震の教訓は、阪神大震災における建物を中心とした対策から、建物内部への対策への大きなステップとなると考えられる。その中でも特に中越地震に多く見受けられた漏水による水害に対しては早急に対処する必要がある。これは、中越地震の被災地域に半導体等の水を利用する製造企業が存在していたことが大きな理由として挙げられるが、今まで特に注目されていなかったためか、多くの企業で対策がなされていなかった。水害により化学薬品や漏電による火災等の二次災害が発生する恐れがあったことは、迅速な復旧への大きな障害となった。

今後、生産工程において水を利用する企業は、漏水防止システム等の二次災害を防ぐ対策を講ずる必要があると考える。また水害と同様に、以前から注目されていなかった被害の一つとして内装が挙げられる。多くの企業は固定するなどの対策を講じていたが、固定する位置、強度が適正ではなかったことが被害拡大の要因と言えよう。

オペレーションにおいては、多くの企業は安否確認に固定電話や携帯電話を用いるとして、対策マニュアルを作成していたが、実際には地震発生後には携帯電話が繋がらなかったことから、実用に耐えられないとの声も見受けられた。これは多くの企業が、携帯電話が普及していなかったと同時に、公衆電話が多く設置されていた当時に発生した阪神大震災を機に対策マニュアルが作成したためと考えられる。今後は、インフラの変化を注視して、対策マニュアルの作成や更新する必要がある。これに関して、携帯電話メールは震災直後でも利用できたことから、安否確認と手段としても有用であると考えられる。

また、備蓄品については、その有用性が被災後の経過時間、被害の種類や気象条件等によって大きく異なることに留意しなければならない。日本では一年を通して自然災害が発生しているため、全国規模で事業を展開しているホームセンターは、災害時にどのような時期にどのような品が必

要とされているか、そのノウハウを蓄積している。そのため、備蓄品対策として、予めホームセンターと契約しておくことで、災害時における想定外の事象に対応できるのではないかと考える。

復旧プロセスにはおいては、平常時よりも生産稼働率が低下するため、雇用の問題が発生する。一時的に操業を停止した企業ではアウトソーシングにより、雇用や生産計画策定に有利であった。また、復旧までに時間が掛かった企業では、公休日を設け、復旧を担当する従業員は休日出勤扱いとすることで、年間稼働日が減ることが防げたと同時に、コストの面でも有効であった。そして、復旧計画を策定する際には、下請けや孫請け企業の被害状況を把握する必要がある。今後は事業を継続するために部品の流れ、仕入先とその多段階に亘る発注先を把握するなど、サプライチェーンの透明化が必要である。

そして、今回の地震の大きな特徴である余震は安否確認、点検の中断、生産設備の自動停止など、事業再開に大きな影響を及ぼした。特に、自動停止した生産設備の中には再起動時間が数時間と長いものあり、今後の生産設備開発の新たな課題として挙げられよう。これに限らず、従来のような大きな地震は一度のみという常識にとらわれない地震対策が急がれる。

サプライチェーンの観点では、ジャスト・イン・タイム方式の極限的な在庫の最小限化が、被災地域外への影響の波及を高速化させ、弱点として露呈することとなった。震災後に緊急時に都度対応するコストと、調達難を想定した在庫を普段から保持するコストについて、改めて再考する必要があると言えよう。また、サプライチェーンを構成する全ての企業が事業継続に関する対策を講じていなければ、災害時において、サプライチェーン全体の事業継続はできないことに留意しなければならない。これを実現するためには、サプライチェーン内におけるリーダー企業や業界がイニシアチブを発揮し、事業継続に必要な対策の相互補完が必要であると考えられる。

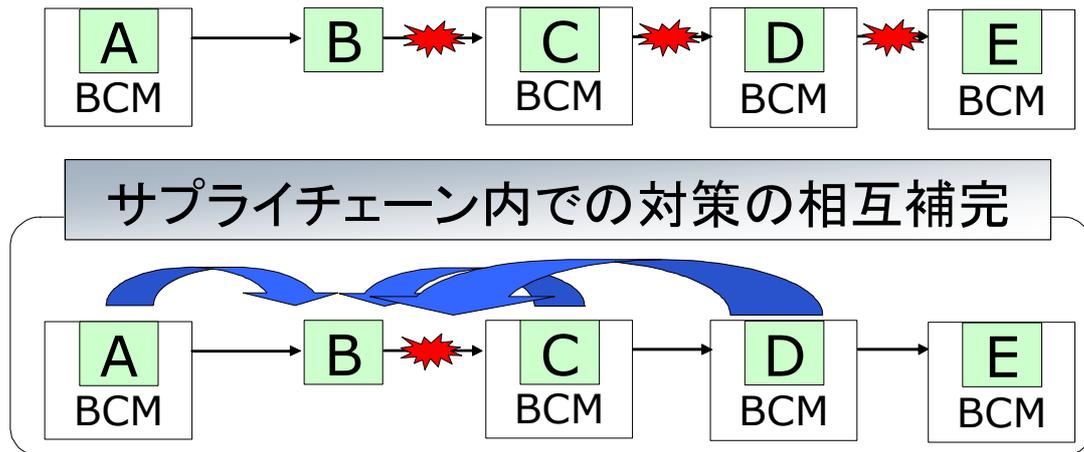


図2 サプライチェーンにおける対策の相互補完

4. ビジネス・コミュニティ型事業継続体制の重要性

以上の考察を受けて、ここではビジネス・コミュニティ型事業継続体制構築の重要性について概説する。

(1) 事業継続マネジメント (BCM) 体制構築のアプローチ

事業継続マネジメント (BCM) の対象は、従来の IT・ネットワーク分野を中心に構築されてきた災害復旧 (DR) 体制よりも広範囲で、業務オペレーションや従業員そのものも含まれる。IT・ネットワークだけが継続しても、業務オペレーションや従業員が欠如すると業務は継続しないのである。事業継続マネジメント体制の構築は、もちろん社内体制が基盤となるが、新潟県中越地震のケースでも見られた通り、社外とも連携することで事業継続計画 (BCP) を共有化、ビジネス・コミュニティ全体のレジリエンスの確保を図る必要がある。

(2) BCMの運用

この BCM の運用主体となるビジネス・コミュニティの概念は、企業グループ、サプライ・チェーン、業界、地域コミュニティであったりするが、これまで余り意識されてこなかった地域コミュニティ内での BCM 体制の構築は、企業の社会的

責任 (CSR) やコーポレート・シチズンシップ¹の観点からも、極めて重要な考え方である。特に広域で自然災害が多発し、地域コミュニティと同時に被災する可能性の高い日本の企業においては、対応の優先度は高くすべきと考える。

5. 企業間サプライチェーンの被害予測シミュレーション・モデルの試作

(1) シミュレーション・ツール構築の背景

ヒアリング調査では、災害の発生、被害が明確に把握できないため、事前にコストを掛けることに抵抗感を感じると答えた企業もあり、災害対策に対する企業の本音も垣間見られた。震災未経験の企業が震災対策を講ずる際には、過去の震災事例を参考にすることが最も有効な手段と考えられる。

しかしながら、地震災害はそのインパクトこそ大きいものの発生頻度が低いことや、被災経験のある企業においては、被害に関する情報は、株価に影響を与えるなど、その性質上公開することは難しい。このようなことから、震災未経験企業が災害対策を講ずるにあたり、参考となる過去の事例の取得は困難であり、どのような方法・手段で、

¹ 企業が営利活動とは別に、社会の一員として「良き市民」たるべく社会的活動を行い、社会貢献するという意味に理解されている。

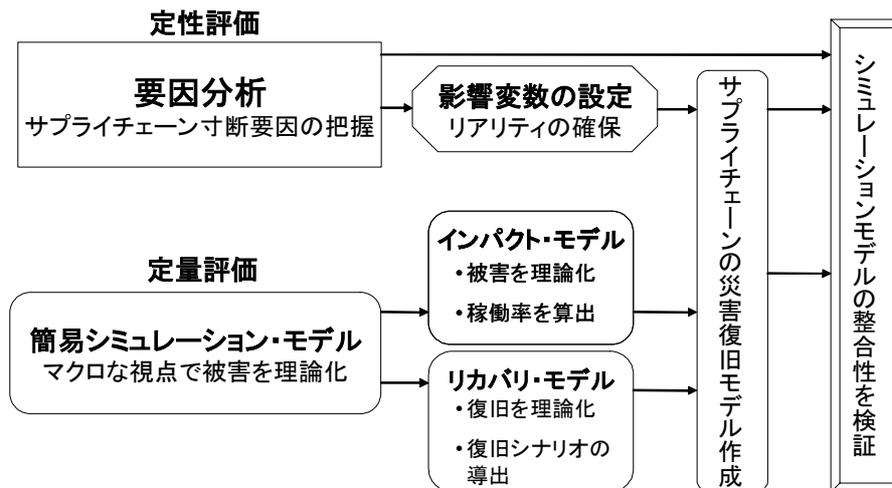


図3 シミュレーション・ツール構築へのアプローチ

どの程度コストを掛けるべきなのかが、漠然としていることが、効果的な震災対策の障害となっていると考えられる。そこで、ヒアリング調査から明らかとなった事実や教訓を基に、定量的な予測を経営判断の材料の一つとして活用するためのシミュレーション・ツールが必要とされている。また、震災被害についてシミュレートすることは、潜在的にあるリスクをより深く理解できると同時に、事業継続管理の実施・運用する際の指標として用いることで、事前に効果的な震災対策に助力するものとする。

構築の目的

サプライチェーンにおける下請け会社はコスト等の制約条件がある中小企業であることが多いことから、本研究では中小企業においても円滑に導入できる簡易的なシステムで動作が可能で安価なシミュレーション・ツールを目指し、事業継続に必要な対策の選定・度合、コストなどの意

思決定の補助を目的としたシミュレーション・ツールを構築した。

構築へのアプローチ

コンピュータでシミュレーション・ツールを構築するにあたり、地震や経営に関する全ての定性的な事象を定量的な数値に置き換える必要がある。しかし、このプロセスにおいてはただ単に置き換えただけでは、シミュレートのリアリティが損なわれる恐れがある。そこで、本研究では、定性的な事象を定量的な数値に置き換える際、シミュレーション・ツールの出力と現実との乖離が生まれないように、ヒアリング調査から得られた定性評価を数値への置き換えプロセスに反映させ、サプライチェーンや被害に関する理論化のリアリティを確保した。



図4 確率分布の例

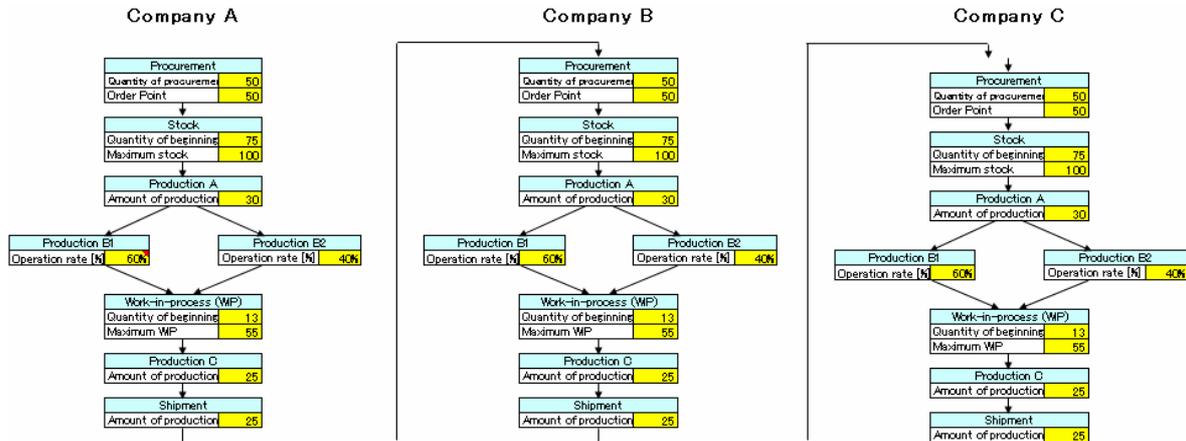


図5 仮想サプライチェーン

(2) シミュレーション・ツールの概要

本ツールのシミュレーション手法にはモンテカルロ・シミュレーションを用いている。この手法は不確実な値に乱数を発生させて何度もシミュレーションを行うものである。震災被害のようなランダムな事象が発生するのは、モンテカルロ・シミュレーションが変数をランダムに選んでモデルをシミュレートする事と酷似していることから、この手法を採用した。尚、モンテカルロ・シミュレーションを実現するにあたり、コスト等の制約が多い中小企業であっても円滑に導入できるように、世界で数多く利用されているリスク分析/意思決定支援ソフトウェア Crystal Ball を用いることで、Microsoft Excel 上でシミュレートを可能とした。

本ツールでは震災時にサプライチェーンに影響を与える変数（影響変数）が予め用意されている。この影響変数は、新潟県地域防災計画により算出された確率から成り、発生確率として数値化されているが、不確実性を含んでいる。そこで、これら不確実性を含む影響変数を取り扱うため

に、それぞれの変数に確率分布をあてはめることによって不確実性を定義した。確率分布型のタイプはその影響変数の特性によって決定する。確率分布は、正規分布やポアソン分布など用意された 16 種類の確率分布の中から選択することが可能であり、オリジナルの確率分布を定義することもできる。

このように本ツールは、不確実な影響変数に対して確率分布から拾い出した値を割り当て、それをセルに埋め込み、スプレッドシートを再計算するという操作を何度も反復するというもので、数秒の間に何百～何千のシナリオを計算することが可能となっている。本ツールは、このシミュレーション手法を用いて、仮想サプライチェーンを構築し、影響変数やヒアリング調査で明らかとなった事業中断要因を適用することで、震災後の時間経過と共に変化するサプライチェーン全体、及び属する各企業の稼働率を算出する。

これらの情報を利用すれば、事前対策が容易となり、結果として被災時の損害の最小化が期待できるものである。現在はシミュレーションのアル

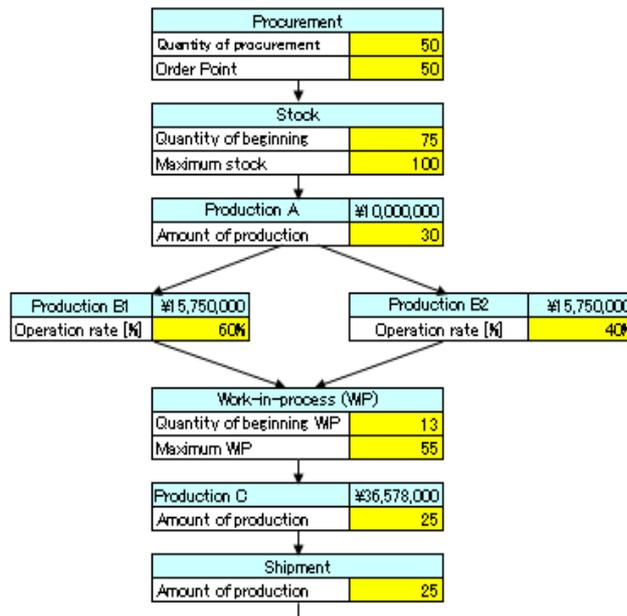


図6 生産工程入力画面

ゴリズムや実行結果の検証のため、基本的な生産工程やサプライチェーンを想定している。しかしながら、業種や個別企業に適したモデルへ変更が可能となっている。

生産工程における前提条件

企業は各生産工程や一連の生産の流れについて、条件を設けて生産を行っており、その条件は企業によって異なる。本シミュレーション・ツールで扱う仮想サプライチェーンを構成する各社の生産工程では、企業の種類によらない一般的な前提条件を設定した。以下がその前提条件である。

- ◆ 最終在庫量が在庫発注ポイントを下回れば調達が行われる。
- ◆ 在庫量が生産 A 取扱い数を上回っている間は、生産 A はフル稼働。ただし、下回っている場合は、既存在庫で稼働する。
- ◆ 仕掛在庫量が生産 C 取扱い数を上回っている間は、生産 C はフル稼働。ただし、下回っている場合は、既存在庫で稼働する。
- ◆ 最終仕掛在庫量が最大仕掛在庫量を超えている間は、調達を行わない。
- ◆ 在庫量が、最大在庫量を超えている間は、調達を行わない。

入力情報

生産工程情報

仮想サプライチェーンにおける各企業の工程数は 7 となっており、サプライヤー毎に生産工程別に稼働量情報を入力する。現段階では、想定される基本的な生産工程を想定しているが、各企業に応じた特殊的な工程変更も可能である。入力が必要な情報は以下の通りである。

- ◆ 調達
- ◆ 調達量、在庫発注ポイント
- ◆ 在庫
- ◆ 初期在庫量、最大在庫量
- ◆ 生産 A
- ◆ 平常時の生産数
- ◆ 生産 B1,B2
- ◆ 平常時の稼働率[%]
- ◆ ただし、 $B1 + B2 = 100[\%]$
- ◆ 仕掛在庫
- ◆ 初期仕掛在庫量、最大仕掛在庫量
- ◆ 生産 C
- ◆ 平常時の生産数
- ◆ 出荷
- ◆ 平常時の出荷数量

Seismogenic zone: Chuetsu

Envisoned damage	Subject	min item	Ratio	Quantity of procurement	Quantity of beginning stock	Maximum stock	Amount of production A	Amount of production B1	Amount of production B2	Quantity of beginning WP	Amount of production C	Maximum WP	
Damage of lifeline	Water supply	Cuts in water supply	42.29%				40.00%	25.00%	15.00%		15.00%		
	City gas	Supply stop	45.34%				5.00%	10.00%	25.00%		35.00%		
	Sewage line	Damaged places	1.13%					30.00%	29.00%		25.00%		
	Electric power	Electric power failure	12.34%		50.00%	10.00%					70.00%	25.00%	50.00%
	Communication establishment	(i)	Damaged electric pole	0.81%					3.00%				
			Subsurface cable	0.11%					10.00%			21.00%	
Not working phone			3.15%										
Traffic	Road	Damaged bridge	5.77%	50.00%									
		Damaged embankment	2.00%	25.00%									
		Slope failure	0.38%	25.00%									
Building	Wooden structure (complete and half collapse)		7.58%			45.00%				15.00%		5.00%	
	Not wooden structure (complete and half collapse)		4.36%		50.00%	45.00%				15.00%		45.00%	
Personal suffering	Number of deaths		0.06%				30.00%		10.00%				
	Number of seriously-injured person		0.10%				10.00%						
	Number of slightly-injured person		2.01%										
	Number of evacuee		9.39%						30.00%				
Flood damage	small reservoir		5.31%										
ERROR DETECTION				OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

図7 影響変数及び依存率の設定画面

表1 主要な事業中断要因の被害率

被害想定項目	対象	細項目	被害率			
			上越地域	中越地域	下越地域	
ライフライン被害	上水道	断水世帯	7.48%	17.21%	42.29%	
	都市ガス	供給停止	8.37%	16.51%	45.34%	
	下水道	被害箇所	0.21%	0.54%	1.13%	
	電力	停電世帯	2.48%	4.67%	12.34%	
	通信施設	電柱被害		0.19%	0.32%	0.81%
		被害地中ケーブル延長		0.11%	0.17%	0.98%
支障電話回線			3.15%	3.15%	17.13%	
交通施設被害	道路	被害橋梁箇所数	1.81%	3.84%	6.41%	
		被害盛土箇所	1.70%	2.25%	0.77%	
		被害斜面箇所数	1.81%	1.59%	0.38%	
建築物被害	木造建物(半壊・全壊)		2.07%	2.84%	7.58%	
	非木造建物(半壊・全壊)		2.07%	3.01%	4.36%	
人的被害	死者数		0.02%	0.01%	0.05%	
	重傷者数		0.02%	0.04%	0.10%	
	軽傷者数		0.37%	0.78%	2.01%	
	避難者数		1.78%	3.59%	9.39%	
地震水害	ため池		7.95%	13.26%	5.31%	

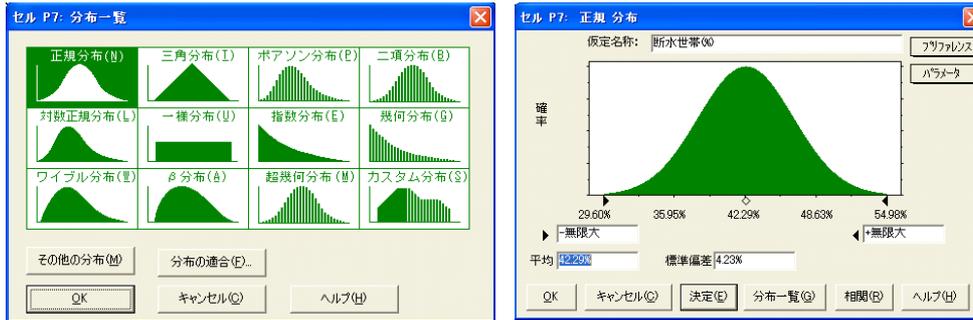


図8 確率分布の選択と設定

影響変数および依存率の設定

前項で設定した生産工程が経営資源にどの程度依存しているかの割合を入力する。図7における

(i) で示されている17個の影響変数は、新潟県地域防災計画²で算出された60に及ぶ想定被害のうち、中越地震後のヒアリング調査によって明らかになった事業継続に影響を及ぼしたものうち、企業の種類にとられない主要な要因の被害率を抽出及び変更を加えたものである。

これらの影響変数の値は被害率（図7中 ii）として定義されており、想定する地震発生地域、上越、中越、下越地域のいずれかを選択することにより、自動的に割り当てられる。さらに、これらの既存の影響変数に加え、新たに各社に応じた影響変数を追加することで、より現実的で高精度なシミュレートが可能となる。

これら影響変数は被害率（図7中 ii）として不確実性を含む数値として表されている。そこで、この不確実性を含む影響変数を扱うために、それぞれの変数の特性を基に確実性に確率分布をあてはめる。図8の左図は分布の選択の一覧の例であり、右図は正規分布を選択した場合の詳細設定画面である。

次に各生産工程がどの程度これらの影響変数に依存しているかを設定する。（図7中 iii）

入力値は各工程が依存する影響変数の割合であり、その合計が100[%]となるように百分率で入

力する。

影響変数の追加

本ツールに用意されている既存の影響変数は、企業の形式に囚われない基本的な変数である。さらに、これらの既存の影響変数に加え、新たに各社に応じた影響変数を追加することで、より現実的で高精度なシミュレートが可能となる。しかしながら、シミュレーション・ツールを作成するにあたり、被災経験のない企業等にとっては、影響変数を作成する際に参考となる被害情報を把握していないことが予想される。そのため、影響変数の追加が困難であることや、追加できたとしても、シミュレート結果の実効性に疑問が残る。

そこで、本研究ではシミュレーションから得られる情報の実行性を向上させることを目的として、ヒアリング調査結果から得られたサプライチェーン寸断について要因分析を行ない、中越地震における事業中断要因表を作成した。この表では、ヒアリング企業の業種を問わず、事業中断要因を深度6まで掘り下げたものである。そのため、震度が深まると同時に各業種特有の要因が浮き彫りとなったことに留意する必要がある。但し、深度3程度であれば、業種に問われない要因であるため、これらを基準として業種や個別企業に適した要因分析の深堀を進めることで、実効性のある影響変数を作成できると考える。その際、深度4から6までの情報は参考となるであろう。

²新潟県地域防災計画

表 2 事業中断要因の要因分析

深度1	深度2	深度3	深度4	深度5	震度6	
人	通勤	通勤路が通行止め				
		通勤手段	自動車の喪失 地理的要因	遠隔地 橋		
		家族の被害	怪我の手当て 精神的ショック			
		家屋の被害	修繕 精神的ショック			
	避難・誘導	定期的な訓練				
	安否確認	携帯電話	連絡網に含まれている メール機能を利用			
		専用回線の利用				
		出勤システムの利用				
		連絡方法の常時携帯	社員証 ポケット・マニュアル 携帯電話のメモリー登録			
	方法	マニュアル無	迅速に行動できない			
マニュアルの有		想定外事項の発生	想定時の環境と異なる	インフラ 企業内環境 企業外環境	物理的資源 人的資源 取引先の環境	
		記載項目の不備	項目の詳細が不明			
		法定対策の実施	建築基準法			
迅速な災対本部設置		被災地域内 被災地域外				
過去の教訓を活用		対策実施	情報共有			
外注先の被災		応援を要請できない				
環境	インフラの寸断	ガス	配給停止 ガス器具の損傷	ガス漏れ 安全装置作動		
		水道	配水停止 水道器具が損傷	配管損傷 配水元が被災 安全上の停止	有毒ガス発生の危険	
		電気	断線 配電停止	安全上の停止 配電元が被災	火災の危険 感電の危険	
		運輸	物流経路が少数 物流手段が固定			
		通信	接続停止 通信機器の損傷	断線 輻輳		
		大規模災害地域	地理的要因	病院がない 地域的特性		
	人的要因		居住者人口 居住者年齢			
	余震	複数回避難				
		被害の拡大	地域的 人的 物理的			
	水害	鉄砲水の発生 上階層に設置	建物の重心			
	設備	生産設備の損傷	転倒			
移動			要精密度			
埋没			対外力			
内装の損傷			ダクト		耐震 強度	
			壁		耐震金具	強度 位置
					方法	強度 位置
ドア				耐変形		
窓			強化ガラス			
漏水		配管の損傷		耐震 漏水検知 流水停止弁 待機状態		
			配管の位置	天井・床下		
	物品の損傷	不完全な固定				
建物の損傷	耐震構造					
	免震構造					
	経年劣化					
	法律	旧建築基準法対応				

Setting of countermeasure effects

Item of measures	Thin item	Object of an effect	The damage rate of an effect object	Input of an effect rate	The damage rate after measures
Operation	Effect of a manual	Not wooden structure	4.36%	0.00%	4.36%
	Enforcement of legal measures	Wooden structure	7.58%	0.00%	7.58%
	Security of recovery worker	Damaged electric pole	0.81%	0.00%	0.81%
	Security of critical material	Wooden structure	6.41%	0.00%	6.41%
	Effect of anti-aftershock measure	Supply stop	1.13%	0.00%	1.13%
	Effect of past information	Damaged places	0.38%	0.00%	0.38%
confirmation of the safety	The use of cellular phone	Electric power failure	0.98%	0.00%	0.98%
	The use of private line	Damaged electric pole	1.13%	0.00%	1.13%
	The use of attendance confirmation system	Subsurface cable	0.38%	0.00%	0.38%
	bring with emergency manual	Not working Phone	17.13%	0.00%	17.13%
Building	Effect of antiearthquake design	Damaged embarkment	0.81%	0.00%	0.81%
	Effect of quake-absorbing structure	Not wooden structure	0.98%	0.00%	0.98%
	Effect of measures of aged deterioration	Cuts in water supply	0.38%	0.00%	0.38%
	Measures of now-defunct Building Standard Law	Damaged bridge	0.10%	0.00%	0.10%
Plant for production	install in lower floor	Electric power failure	12.34%	0.00%	12.34%
	Effect of fall-prevention strategy	Cuts in water supply	42.29%	0.00%	42.29%
	Effect of movement-prevention strategy	Damaged bridge	6.41%	0.00%	6.41%
	Effect of flaking-prevention strategy	Damaged bridge	6.41%	0.00%	6.41%
	Effect of an anti-damage measure of interior decoration	Electric power failure	12.34%	0.00%	12.34%

図9 事前対策効果の設定画面

事前対策効果の設定

中越地震後のヒアリング調査では、事業中断に大きく影響した定性的な要因も多く見られた。これらの定性的な要因は影響変数のように、その影響度合いを算出することが難しく、シミュレーションへの反映が難しいものである。そこで、前項の影響変数の追加と同様に早期復旧ができた事例について要因分析を行った。

本研究の要因分析で明らかとなった、これらの定性的な事業中断要因を事前対策が効果を発揮する影響変数を選択し、その被害率をどの程度減少することができるのかを効果率として入力することで、定性的な事業中断要因をシミュレーションに反映させている。

表3 早期復旧要因の要因分析

深度1	深度2	深度3	深度4	深度5	震度6	
人	人的被害	怪我なし 人命喪失なし				
	出社	被災者社員は要請不可能				
	子供	臨時託児所の開設				
方法	物資調達	企業内	事業用物資 人道用物資	ゴム長靴、ゴム手袋、モップ・ウエス ガスコンロ、ガスボンベ、毛布、ビニールシート、電池		
		企業外	事業用物資 人道用物資	ゴム長靴、ゴム手袋、モップ・ウエス ガスコンロ、ガスボンベ、毛布、ビニールシート、電池		
	広報	企業内説明	社員説明	取引先 顧客		
		企業外説明	行政	自治体	消防・警察 大学等の研究機関	
				報道機関	新聞社 専門誌 アナリスト	
				営業活動	時期 季節	
		生産再開	説明	企業内 企業外	本社対応	
	過去の教訓を活用	対策実施	情報共有			
	応援	企業内	宿泊地の確保			
		企業外	宿泊地の確保			
	建物安全評価	建設会社	要請なし応援 予め契約			
	災害対策本部	迅速な設置	企業内 企業外	携帯電話の利用 本社対応	電話機能 メール機能	
		運用	情報収集 開拓 斥候	実行部隊と常席部隊を分離		
	通勤経路の確保	外部情報収集	多チャネル			
	備品	量 種類				
	通信チャネル確保	専用線 臨時的処置	トラック等			
	雇用	公休日扱い アウトソーシング利用				
	保険制度の利用	指摘対応項目対応 出勤情報の把握				
	事前対策	マニュアル	緊急要員の指定 更新	地理的要因を配慮 以前の被災経験		
		業界のガイドライン				
	納入元被災対策	代替可能	応援派遣 代替先の選定・決定			
		代替不可能	応援派遣			
	日常時の生産融通	自社内 自社外(同企業)				
	資源の臨時的削減	水	トイレ 資金 物資 人			
	企業規模	援助				
	生産利用材料	水	漏水対策 配水対策 中和対策 安全対策 換気対策			
		化学薬品				
	インフラの復旧	水	給水車を手配 臨時的給水契約	法律 雑用水	防火用水 空調用 生活水	
			貯水槽			
		電気	自家発電	臨時的契約 通常時から利用	燃料の貯蓄	
ガス		プロパンガスの利用				
通信		衛星回線の利用 専用回線の利用				
		優先電話の利用	公衆電話の設置			
運輸		高速道路の利用 船便から航空路へ	緊急車両として申請			
国内外拠点	代替生産 JIT					
在庫	安全在庫保持	対通常 対災害				
田舎	企業の周囲に居住 インフラ復旧が遅い					
震災発生時期	土曜日 夕方					
生産ライン移設	スペースの確保	生産の合理化				
設備	余震	自動停止 バックアップ	再稼働時間 UPS			
	情報システム	企業内同一システム				
		オンラインシステム	ネットワーク	リアルタイム		
	生産方法	セル生産方式 非コンピュータ制御	単機生産			

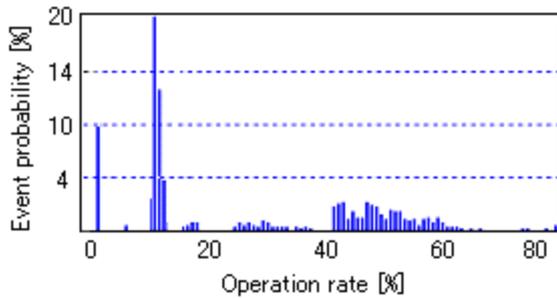


図 10 出力画面の例

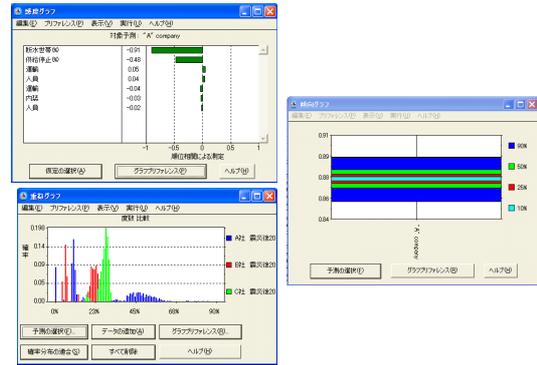


図 11 出力結果の分析



影響後の経営資源配分	
調達量	48.25
初期在庫	68.74
最大在庫量	93.39
生産A取扱数	28.02
生産B1	0.49
生産B2	0.31
初期仕掛在庫	11.64
生産C取扱数	18.61
最大仕掛在庫量	50.32
在庫発注ポイント	50.00

被害想定項目	対象	細目	調達量	初期在庫	最大在庫量	生産A取扱数	生産B1	生産B2	初期仕掛在庫	生産C取扱数	最大仕掛在庫量	
ライフライン被害	上水道	断水世帯	0.00%	0.00%	0.00%	23.08%	14.43%	8.66%	0.00%	8.66%	0.00%	
		都市ガス	供給停止	0.00%	0.00%	0.00%	2.73%	5.47%	0.00%	13.67%	19.13%	0.00%
		下水道	被害箇所	0.00%	0.00%	0.00%	1.98%	29.66%	28.67%	0.00%	24.72%	0.00%
	電力	停電世帯	0.00%	43.83%	8.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	61.36%	21.92%	43.83%
		電柱被害	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
通信施設	被害地中ケーブル	被害地中ケーブル	0.00%	0.00%	0.00%	2.97%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		支障電話回線	0.00%	0.00%	0.00%	8.29%	4.14%	17.40%	0.00%	0.00%	0.00%	
		被害橋梁箇所数	46.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
交通施設被害	道路	被害盛土箇所	24.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		被害斜面箇所数	24.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
建築物被害	木造建物(半壊・全壊)	被害	0.00%	0.00%	41.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.86%	0.00%	4.62%
		被害	0.00%	47.82%	43.04%	0.00%	0.00%	0.00%	14.35%	0.00%	0.00%	43.04%
人的被害	死者数	死者数	0.00%	0.00%	0.00%	29.99%	0.00%	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		重傷者数	0.00%	0.00%	0.00%	9.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		軽傷者数	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		避難者数	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
地震水害	ため池		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		

A社 震災後20日間の平均生産目標稼働率											
日	調達	在庫	生産A	生産B1	生産B2	生産B(総合)	仕掛在庫	生産C	最終在庫	最終仕掛在庫	稼働率
1日	23.60	92.34	28.02	13.60	8.79	22.38	34.03	18.61	73.73	15.42	0.74
2日	0.00	73.73	28.02	13.60	8.79	22.38	37.80	15.42	58.31	22.38	0.62
3日	0.00	58.31	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	35.93	22.38	0.90
4日	48.25	84.18	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	61.80	22.38	0.90
5日	0.00	61.80	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	39.42	22.38	0.90
6日	48.25	87.67	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	65.29	22.38	0.90
7日	0.00	65.29	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	42.91	22.38	0.90
8日	48.25	91.16	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	68.78	22.38	0.90
9日	0.00	68.78	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	46.40	22.38	0.90
10日	47.00	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90
11日	0.00	71.01	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	48.63	22.38	0.90
12日	44.76	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90
13日	0.00	71.01	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	48.63	22.38	0.90
14日	44.76	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90
15日	0.00	71.01	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	48.63	22.38	0.90
16日	44.76	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90
17日	0.00	71.01	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	48.63	22.38	0.90
18日	44.76	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90
19日	0.00	71.01	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	48.63	22.38	0.90
20日	44.76	93.39	28.02	13.60	8.79	22.38	44.76	22.38	71.01	22.38	0.90

表 4 計算過程記録シート

アルゴリズム

本ツールは、前項までに設定した情報を基にサプライチェーンを構成する企業ごとに生産稼働率を出力する。この生産稼働率は事前対策後の被害率、地震発生後の生産工程毎の稼働率より算出される。ここで、ある事前対策後の被害率(RODa)は、先述の地震発生想定地域を選択することにより自動的に読み込まれる被害率(RODb)と、前項で述べた、その被害率を低減させる効果率(ROE)からなり、以下の式で表すことができる。

$$RODa = RODb - ROE \quad (1)$$

(ただし $RODb \geq ROE$)

この事前対策後の効果を加味した被害率RODaと、入力された平常時の生産工程別の稼働量情報(IOP)を用いることにより、地震発生後の生産工程毎の稼働率(ROPP)は次式のように求めることができる。

$$ROPP = (1 - RODa)IOP \quad (2)$$

さらに、この生産工程毎の稼働率(ROPP)を全工程において求める。これら算出された稼働率(ROPP)を基に、先に示した稼働制約条件をセルに与え、仮想サプライチェーンを構築する。ただし、この条件は構築以前にすでに明らかなものであると同時に、各企業によって異なることから、その数式については省略する。

ここで、仮想サプライチェーンにおける各社の最終工程は出荷であることに注目すると、地震発生時の各社毎の生産目標に対する稼働率(ROP)は出荷工程における、先に入力された平常時の稼働量(ROCb)と、(2)式により求められた地震発生時の稼働量(ROCa)から次式で表すことができる。

$$ROP = \frac{ROCa}{ROCb} \quad (3)$$

また、被害額を算出するにあたり、入力した各生産工程に用いられている生産設備の単価をUCとすれば、各工程での被害額をDAは、各工程の事前対策後の被害率(RODa)を用いて次式より導出することができる。

$$DA = UC * RODa \quad (4)$$

これを各社ごとの全7工程において算出し、総和を取ることで各企業の被害額CDAを算出する。

$$CDA = \sum_{i=1}^7 UC_i * RODa_i \quad (5)$$

また、仮想サプライチェーンを構成するA,B,Cの3つ企業の被害額の総和は(5)式で導出された各企業の被害額の総和で求めることができ、これを仮想サプライチェーンの被害額SDAとした。

$$SDA = \sum_{i=A}^C CDA_i \quad (6)$$

以上、構築した仮想サプライチェーンにおいて、このアルゴリズムの基礎であり不確実な値である被害率(RODb)に確率分布を当てはめ、モンテカルロ・シミュレーションを実行する。

出力情報

シミュレーションの出力情報は以下の通りである。

- ◆ 各工程の被害額
- ◆ 各社の被害額
- ◆ 各社の稼働率
- ◆ 仮想サプライチェーンの稼働率

シミュレーションの実行中は、仮想サプライチェーン全体、及び構成する各社の稼働状況の度数分布を逐次グラフ表示する。シミュレートの結果からは、サプライチェーン全体及び、それを構成する各社の統計量や信頼度を確認することがで

きる。例えば、下記の実行結果からは、A社が震災後20日間の平均稼働率が約10%になる確率が約20%と最も高く、稼働率が0%になる確率が約10%であることが読み取れる。

さらにツールの機能を使用することによって、モデルを異なる面から検証することができる。感度グラフ機能では、サプライチェーンを構成する各社の稼働率に対する各影響変数の影響力をすばやく簡単に判断することができ、重ねグラフ機能では、複数の企業の稼働率同士の類似点や相違点なども視覚的に把握することが可能である。そして、傾向グラフ機能では、企業別に見ていたときには気づかなかった稼働率同士の傾向を把握することができる。

シミュレーションの実行経過は計算シートに記録される。このシートからは被災後の稼働状況を時系列に知ることができると同時に、復旧開始日の設定や甚大な被害を受けた要素の特定、理想的な生産工程の設計など、想定するシナリオについて、任意処理を行なう際に必要となるデータを提供している。

6. 最後に：BCMの今後の課題

事業継続マネジメント(BCM:Business Continuity Management)の重要性は、ビジネス・コミュニティ全体のレジリエンシー(Resiliency: 弾力性のある回復力)を確保するためには不可欠な要素となり、更に、積極的に取り組むべき戦略的経営課題とも位置づけられるようになった。その際、一企業単独のBCMだけでは、ビジネス・コミュニティ全体のレジリエンシーを確保するには不十分であり、BCM体制構築にかかわる方法論、プロフェッショナル人材育成の仕組み、広く社会に普及させるための標準化などのメカニズムの導入が強く望まれる。この点においては、日本の政府機関や業界団体においてもBCM関連の委員会が立ち上がり、既にいくつかのガイドラインが公表されている。また、事業継続(BC:Business Continuity)という概念は、従来の災害復旧(DR: Disaster Recovery)よりも、より能動的、かつ企業活動全般を

対象とするなど取り組む範囲が広範なことから、機械・設備・在庫などといった有形資産のみならず、顧客・取引信用・ブランド・組織力・従業員のモチベーションなどといった、いったん失うと再構築には多大な時間とコストがかかる無形資産をもマネジメントの対象としなければならない。

最後に事業継続マネジメント全体に係る今後の課題における重要性としてとりまとめを行う。

(1) BCMの方法論確立と標準化(ISOなど)対応

ビジネス・コミュニティにおけるBCM体制の共有化には、共通の方法論導入や標準化が多大な貢献をすることは間違いなし、共通言語として社外とコミュニケーションできるプロフェッショナル人材とその人的ネットワーク³が必要となる。

(2) 事業中断リスクの計量化(含む再構築コスト)

実際の事業継続マネジメント体制の構築に、どれほどの経営資源を投入すべきか、といった経営判断は極めて難しいとされるが、その経営判断をできるだけ客観的にできるよう支援する事業中断リスクを科学的に分析・計量化がシミュレーションできるような方法論やツールの開発もスキル開発と併せて必要である。

(3) インシデント及びニアミスのデータ収集と分析

事業中断リスクの計量化の精度向上やトップダウン・アプローチにおけるシナリオの現実性向上のためにも、実際に発生した事故や発生に至らなかったニアミス事例の収集と分析を行えるような仕組みの導入とスキル開発が望まれる。

³ 弁護士、医師、研究者といったプロフェッショナルは所属する組織(事務所、病院、大学など)を超えた形態のネットワーク(例えば弁護士会、医師会、学会などに加え個人的な繋がり)を持っている。

(4) 業界内の知識・ノウハウ共有

マーケットでは競合するものの、同業がゆえに共通する業務プロセスや発生可能性の高い障害や事故パターンについては、原因分析や対応策に関する知識・経験の共有をプロフェッショナル人材を通じて積極的に行うことで、業界全体のレジリエンシーを向上させる、というスタンスを特に日本の主要業界は持つべきである。

(5) 経営判断プロセスへの反映

プロフェッショナル人材のみならず、経営者自らも業務継続マネジメントの方法論や手順を理解し先導することで、実際の経営判断に活かすことが可能となる。事業継続マネジメントと経営判断プロセスの間に乖離がある場合は、大きな戦略的欠落となり、本稿で取り上げた地震とは限らない「想定外」⁴の要因で事業中断を回避できなくなる可能性も高くなる。

(6) レジエンシー文化の定着

事業継続マネジメント体制の実効性は、末端の一従業員のマインド・セットにまで浸透していなければ全社的なプログラムとしてのレジリエンシーは保証されない。これはごく少数の従業員による不祥事や誤判断が全社に影響を及ぼし、マスコミ経由の社会的な制裁のみならず、経済的なダメージを受けることで中には事業を諦めざるを得なくなった事例がこのところ散見されることから、企業文化としてしっかりと定着させることがいかに重要かがわかる。

いずれにしても、今回の新潟県中越地震における事例に見られた通り、企業はゴーイング・コンサーン⁵として「事業継続」という当たり前のこと

が難しくなってきた経営環境において、事業継続を戦略的経営課題として積極的に取り組む企業は、顧客やビジネス・コミュニティからの信頼を更に向上させることになり、その結果として業績向上、市場競争力の強化を達成できることになるのである。

[主な参考文献]

「地震からの復活～三洋に学ぶ半導体工場のリスク管理」、日経マイクロデバイス 11月号

「企業の地震対策と危機管理」、小林誠・大石裕之、シュプリンガー・フェアラク東京、2004年

「事業継続マネジメント入門～自然災害や自己に備える、製造業のためのリスクマネジメント」、SEMI 日本地区編、共立出版、2005年

「新潟県中越地震からシステムの災害復旧（DR）事例」、システム開発室長 下山和俊、岩塚製菓株式会社、2005年

⁴ 戦略的に事業継続マネジメント体制を構築・運用していれば想定されていた。

⁵ 企業は永続的なものであり、継続してその営業活動を行うものであることを意味する概念（経済辞典、有斐閣より

引用）で、企業は『継続事業体』として存続・発展する必要がある、取引先、消費者や投資家はそれを大前提としている。