

地震時の事業継続に向けた 効果的な事前／事後対策の選定手法

副島 紀代¹・目黒 公郎²

¹株式会社大林組 技術研究所 (〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640)

E-mail: soejima.michiyo@obayashi.co.jp

²東京大学生産技術研究所 教授 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: meguro@iis.u-tokyo.ac.jp

事業継続マネジメント(BCM)において、より現実的に事業継続への影響度を評価するために、プロジェクト管理手法であるPERT/CPMを用いて、復旧時間を定量化する手法を提案した。想定するハザードに対して、個々の復旧作業にかかる所要時間を既往の被害予測手法により見積もることで、ハザードの特性や規模に応じた全体の復旧所要時間を定量的に予測することが可能となる。さらにこの手法により、全体の復旧所要時間に最も影響のある復旧工程をクリティカル・パスとして特定することができるため、対策の優先順位を判断する上で貴重な判断材料となりうる。本研究では対象ハザードを地震とし、この手法を用いて既往の地震被害予測結果を効果的なBCMにつなげることを提案した。

Key Words : Business Continuity, BCM/BCP, PERT/CPM, Recovery Time, RTO

1. はじめに

近年わが国では、建築物を含む大量の都市インフラ施設の老朽化が問題となっている。これらの施設の中には、旧耐震基準で設計されたものも少なからず存在し、また経年劣化による使用性・安全性低下も懸念されている。しかし、その数と費用などの点から、これらの施設への対応は全体的には停滞しており、その耐震性はなかなか向上していないのが現状である。

一方、近年は社会システムの複雑化により、地震に限らず、災害による被害の影響がより広範に波及する都市構造に変化している。その点を鑑みると、潜在的な地震リスクはむしろ増大しているとも考えられる。

そのような状況の中、従来行われてきた防災対策に加え、新たに企業の事業継続マネジメント(Business Continuity Management, 以下BCMと記す)への取り組みが期待されている。しかしながら現状では、地震時のBCMを考えると、施設や設備の被害を適切に評価し、それに基づいた事業継続計画(Business Continuity Plan, 以下BCPと記す)が適切に策定されているとは言い難い。その大きな理由として、下記のような点が挙げられる。

1)BCMに適用できる地震被害予測・評価手法が体系化されていないため、信頼できる被害予測や評価が適切

に行われず、実際に予想される被害状況と異なる状況を基にしてBCPが立案されている。

2)既往の被害予測結果を事業継続への影響度へリンクさせる手法が確立されていないため、信頼できる被害予測を行ったとしても効果的な対策への意思決定が難しい。

3)各種ガイドラインの普及により、被害予測を行わずともBCPの文書さえ作成すればよいという風潮がある。

その結果、現在策定中(またはこれから策定される)地震時のBCPが実効的でないことが懸念されている。そのような傾向を是正し、BCMを通じて、真に事業継続に必要な「ヒト、モノ、カネ、情報」といった経営資源(リソース)への有効な投資を実現させるためには、地震動評価や構造物の耐震性評価技術など既往の要素技術を、積極的にBCMの中に取り込んでいく仕組みが必要である。どんなにすばらしいBCPを持っていたとしても、拠り所となる施設や人員に被害が生じてしまえば、そのBCPは実際には機能せず、水泡に帰してしまうことになる。

そこで、従来定量的に評価されていなかった復旧時間を事業継続への影響度(=事業継続影響度)の指標として考え、既往の地震被害予測手法を利用して合理的に推定する手法を提案した。

2. 事業継続の概念

(1) 内外のBCMの流れ

BCMはもともと欧米で発達してきた概念であり、主にテロや紛争などのハザードを念頭において考えられてきた。世界に先駆けてガイドライン化したのは英国で、2002年にBCI(Business Continuity Institute：英国の事業継続推進機構)によって発行された”The BCI Good Practice Guidelines”が最初といわれている。それを元に2002～2003年にはBSI(British Standards Institution：英国規格協会)がPAS56という英国国家標準を策定した。その後、欧州をはじめアジアの国々でもそれを参考に規格・指針を策定する動きが生じ、日本でも2004年に日本規格協会(JIS)から「事業継続管理のための指針」(PAS56の日本語訳版)が発行されている。

一方、日本では2004年10月に発生した新潟県中越地震の後、大手企業が地震の影響によって経営困難に陥ったことをひとつの契機として、企業の自助努力を促すことを目的に、国によるBCMの推進が始まった。それ以前から、半導体産業や金融業界などでは、国際取引上の必要性から事業継続への取り組みが進められていたが、頻発する国内外の地震災害がその潮流を後押しする形となった。2005年3月に経済産業省から「事業継続計画(BCP)策定ガイドライン」が発行されたのを皮切りに、同年8月には内閣府の「事業継続ガイドライン 第1版」が発表され、以降各省庁や業界からも様々なガイドライン類が発行されている¹⁾。さらに最近では、業務継続に対するリスク管理という観点から、日本版SOX法による企業の内部統制強化においても事業継続が求められるようになっていく。

以上のような背景から、企業のBCMへの関心は高まっている。

(2) BCMとBCP

現在、わが国でも様々な事業継続ガイドラインが発行されているが、それらによれば、事業継続(BC：Business Continuity)とは下記のように定義されている。

- 1)企業が、災害や事故などで被害を受けても重要業務を中断させないこと
- 2)万が一、重要業務が中断した場合にはできるだけ早急に復旧させること

ここで、重要業務とは、それが中断した場合には企業活動全体に大きな影響を与える業務と定義されている。

BCM(事業継続マネジメント)とは、上記のような事業継続(BC)を実現するためのマネジメント手法を指し、継

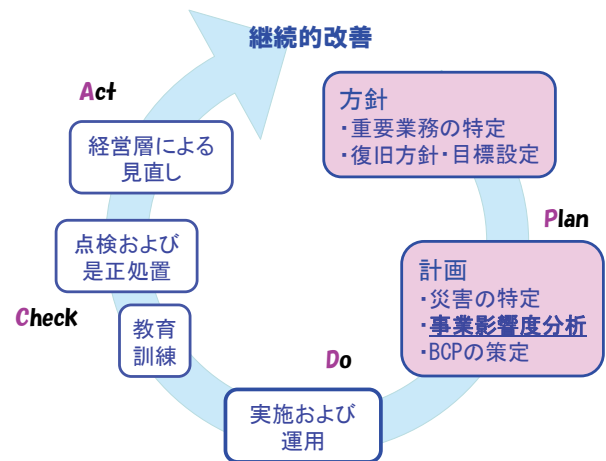


図-1 BCMサイクルの概念図

続的に改善を行いながらPDCA(P=Plan：計画，D=Do：実施および運用，C=Check：点検および是正，A=Act：見直し)を繰り返し行っていく点が特徴であり、ISO9000などのマネジメントと類似している。事業継続を達成するためのこの一連の流れをBCMサイクル(図-1)と呼び、BCMサイクルをまわすことでより洗練されたマネジメントになる(＝継続的改善)。

それに対してBCP(事業継続計画)とは、設定された復旧方針・目標を実現し、事業継続を達成するための具体的な行動計画またはそれを記した計画書を指し、BCMにおける一連の手続きの一部であるというのが一般的な概念である。

(3) 対象とするリスク

もともとの事業継続の考え方では、すべてのリスクを想定しなければならないとされており、それぞれのリスクについて対象とする／しないという明確な指針はない。一方、BCMが有効であるのは、事業継続に影響のある事象が発生した場合に、代替手段の検討や早期復旧によって事業への影響を軽減できる場合のみである。したがって、製品の瑕疵やコンプライアンス違反による事業停止等は、従来からリスクマネジメントとして扱われており、通常BCMの対象とはしないとされている。

なお、地震リスクは、上記の観点から判断すると事前の検討・準備などで事業への影響を大きく軽減できる可能性が高いリスクであり、BCMが有効であるといえる。

(4) 事業影響度分析(ビジネスインパクト分析)

図-1に示すBCMサイクルにおいて、事業継続への影響度評価は「計画」の「事業影響度分析」のステップで行われる。一般にこの部分はビジネスインパクト分析

(BIA : Business Impact Analysis)とも呼ばれており、リスク予測に基づき事業への影響を的確に評価するステップである。もともとビジネスインパクト分析とは、災害などの不測の事態が生じた場合や新規事業の立ち上げといった際に、事業全体がどのような影響を受けるのかを把握するために行う経営分析手法である。その過程では、重要業務やその遂行のために必要な業務プロセス、施設や設備といった経営資源(リソース)を洗い出し、ボトルネックを明らかにすることが重要であり、実務的には、リスク分析手法を用いた方法などそれぞれの対応がなされている。ビジネスインパクト分析の一般的な実施手順は下記の通りである²⁾。

- ① 重要な事業の洗い出し
- ② ビジネスプロセスの分析
- ③ ボトルネックの特定
- ④ 復旧優先順位の決定
- ⑤ 目標復旧時間の設定

この中で、「②ビジネスプロセスの分析」ならびに「③ボトルネックの特定」が重要な項目であるが、具体的な定量化方法は確立されておらず、現状では定性的な方法(リストの作成など)で検討が行われている。そこで、その解決策として、次章において、工程管理手法を用いた定量的な復旧時間の予測手法を提案する。

3. 工程管理手法を用いた復旧時間の予測

(1) PERT/CPMを用いた復旧所要時間の推定

ここでは新しい影響度評価手法として、古典的なプロジェクト管理手法であるPERT/CPMを用いた復旧時間の定量化手法を提案する。

(2) PERT/CPMとは

PERT(Program Evaluation and Review Technique) , CPM(Critical Path Method)は、いずれもプロジェクト管理手法である。もともとアメリカで兵器の開発スケジュールを管理するために1958年に開発された手法で、その後様々な発展、改良が加えられ、現在に至っている。

PERTは結合点(eventまたはnode)と矢印(作業jobまたはactivity)でプロジェクトの作業順序を表現し、各作業の時間的な前後関係や所要時間を考慮して日程計画を立てる手法である。この結合点と矢印で表された図をアローダイアグラムと呼ぶ。図-2はある重要業務のプロセス(作業A~J)をアローダイアグラムで表現したものである。各々の作業には所要時間(カッコ内)が与えられ、全体の所要時間や個々の作業の余裕時間を所定の計算により求めることができる。また、人員・資材の配分を伴う日程計画や、個々の作業における所要時間の確率的なばらつき

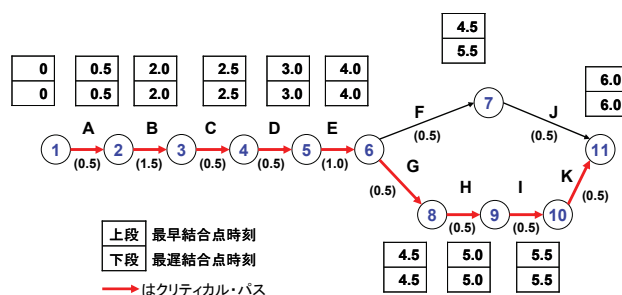


図-2 アローダイアグラムの例

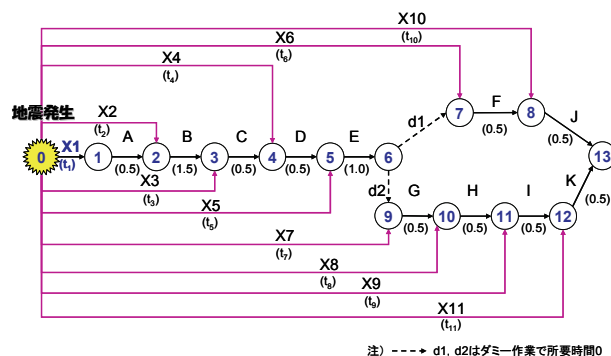


図-3 地震時のアローダイアグラムの例

きを考慮して、所定の工期内に完了する確率の計算なども行うことができる。

一方、CPMは最適化を目的とした手法であり、全体の所要時間をどれくらい短縮することが可能か、また短縮に要する費用を考慮した場合にどの作業をどの程度短縮するのが最適か、という問題を解くことができる手法である。

両手法の詳しい説明は専門書³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾に譲ることとし、次節にこの手法を地震時の復旧所要時間の予測に適用する方法について述べる。

(3) PERT/CPMの復旧所要時間予測への適用方法

次に、前述のアローダイアグラムの例(図-2)を基に、災害時の復旧所要時間予測への適用方法を示す。この例では、通常時は作業開始を結合点①、作業完了を結合点⑩とする流れであり、原材料の調達やエネルギー供給が滞りなく行われていれば、業務開始から完了まで通常時は d_1 (ここでは6日)の所要時間がかかることがわかる。

ここで、想定するハザード(例えば地震)に対し、このプロセス中の経営資源が何らかの被害を受けると予測される場合、その被害予測に基づく影響をこのアローダイアグラムに追加することができる。

例えば、図-2において、地震後に作業Aという工程を再開するためには所定の点検作業が必要で、その点検作業(=復旧作業)に t_1 という時間がかかるとする。その場合、図-3のように作業開始点(結合点番号1)の前に、地震

発生というevent(結合点番号0)を追加し、そこから作業Aの作業開始点(結合点番号1)にX1という復旧工程を表す矢印を追加して所要時間の t_i を与える。同様に作業B～Jにもそれぞれの復旧工程となるX2～X11の矢印を順次追加する。

各復旧作業に要する所要時間($t_i \sim t_{ij}$)は想定する地震の規模により変化し、関係施設・設備の耐震性能に基づく構造的・機能的被害予測や、周辺のライフラインや交通網の被害によるリソース(物資・人材・情報など)の欠乏、復旧活動の遅延状況などにより決定される。

こうしてできた新しいアローダイアグラムを再計算することで、地震発生から業務完了までの時間 d_i を求めることができ、先に求めた d_0 との差 $d(d=d_i-d_0)$ を復旧所要時間として求めることができる。また復旧工程のクリティカル・パスを把握することが可能となり、CPMにより対策案の評価もできる。対策には事前対策のほか、代替施設での製造や在庫の増大という案もあり、同じ日数を短縮できるのであれば、できるだけ費用のかからない対策を選ぶことができる。

4. 復旧時間に基づく事業継続影響度の推定

(1) 地震の大きさによる影響度の比較

次に、3章に示した手法を用いて、製造業のプラントをモデルとした地震被害予測に基づくケーススタディを実施し、復旧時間を指標とした事業継続影響度の推定を試みた。

まず、地震動の大きさによって事業継続影響度にどの程度差が出るかを、復旧所要時間を指標として比較した。図-4は想定する地震動の強さを震度5弱として、被害予測結果から各復旧作業(X1～X11)に要する所要時間($t_i \sim t_{ij}$)を与えて作成したアローダイアグラムである。各結合点の近傍に箱書きされた数値は、上段が最早結合点時刻(その結合点から開始する作業が最も早く開始できる時刻)、下段が最遅結合点時刻(その結合点から開始する作業を全体の所要時間に影響を与えずに最も遅く開始してよい時刻)であり、上段・下段の数値が同じ結合点を起点・終点とする作業はクリティカル・パス(その作業が遅延すると全体工程に影響の出る工程)となる。この図では、復旧作業のうちX2がクリティカル・パスとなることがわかる。

一方、想定する地震動の強さを震度6弱として同様のアローダイアグラムを描くと、図-5のようになる。被害程度の増大により復旧時間は長期化し、復旧作業のクリティカル・パスもX5と震度5弱のケース(X2)とは異なる箇所に見える。

このように、想定する地震の規模に応じて、各復旧作

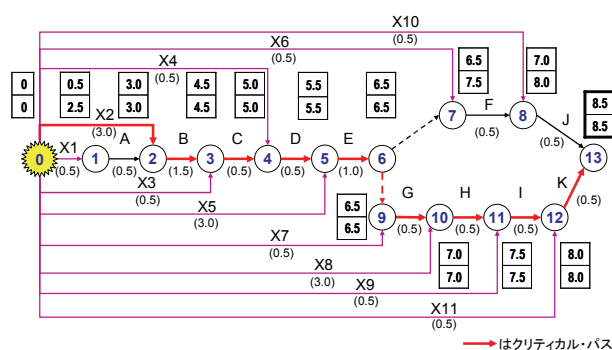


図-4 復旧時間の推定例(震度5弱の場合)

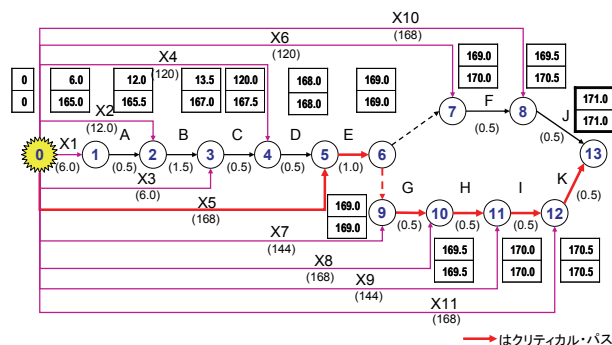


図-5 復旧時間の推定例(震度6弱の場合)

表-1 地震の強さによる復旧時間の比較

Case	所要時間	復旧時間	CP	備考
通常時	6.0h	—	—	
震度4	6.5h	0.5h	X1	配管系点検
震度5弱	8.5h	2.5h	X2	配管・装置の点検
震度5強	15.0h	9.0h	X5	装置に軽被害
震度6弱	171.0h	165.0h	X5	装置に大被害
震度6強	192.5h	186.5h	X10, X11	配管にも大被害
震度7	336.5h	330.5h	X10, X11	建屋に大被害

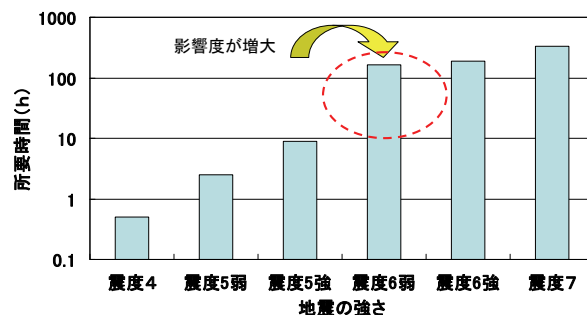


図-6 地震動強さの違いによる復旧所要時間の比較

業(X1～X11)に対応する所要時間($t_i \sim t_{ij}$)を既往の被害予測結果から求めることで、地震の規模による復旧所要時間を比較することができる(表-1、図-6)。この例では、震度6弱から急激に復旧所要時間が増大する結果となっ

た。

従来の地震を想定したBCMでは、想定地震動を1つしか考えていない場合が多いが、それより1ランク小さい、あるいは大きい地震動の場合に、事業継続上どの程度の影響があるかを把握することは、想定外の対応を考える上で大変重要である。またこのような検討により、事業継続計画を策定する際に、どの程度の規模の地震まで対応すべきかという判断にも役立てることができる。

(2) 発生時刻による影響度の比較

次に、発生時刻により復旧所要時間がどのように変化するかを検討した。復旧所要時間が週レベルになると、発生時刻の影響(数時間の差)を見ることが難しいので、ここでは前節の結果に基づき、震度5強のケースを用いて検討を行うこととした。また検討ケースは、一般企業において時刻による業務体制の差が比較的大きいと思われる平日(営業日)での発生を想定し、10時、18時、2時を発生時刻とする3ケースとした。

1)地震発生時刻：10時の場合

一般的に10時は営業時間内であり、企業にとっては最も体制の充実したタイミングと考えられる。また、一般的なBCP(事業継続計画)でも、まずは営業時間内の発生を想定して検討することから、前節(1)で検討した標準ケースを10時発生の場合と位置付けることにする。

2)地震発生時刻：18時の場合

一般的に18時は終業時刻直後であり、まだ帰宅前の社員が残っている可能性が高いことから、ある程度の人員は確保できると考えられる。しかし、対応可能な要員は昼間より減り、また業者の手配なども難しいため、装置の点検・補修時間が増えると予想される。また屋外の施設については、夜間は暗くて目視確認が難しい箇所もあるため、点検時間がさらに増大することが考えられる。また、補修作業も昼間でないと難しい場合は、対応が翌日の明け方からとなり、復旧作業の所要時間は+12hとなる。

3)地震発生時刻：2時の場合

夜間で対応可能な要員が少なく、業者の手配も難しいため、装置の点検・補修時間が増える。また屋外の施設については、18時の場合と同様であり、昼間でないと難しい作業は、対応が明け方から(+4h)となる。

以上から、発生時刻ごとの対応を勘案し、各復旧作業(X1～X11)にかかる発生時刻ごとの所要時間を表-2のように設定した。そして、アローダイヤグラムに基づき、復旧所要時間を計算した。各ケースにおける復旧時間の計算結果を表-3に示す。

表-2 被害程度と発生時刻による復旧作業時間(震度5強)

作業	主要設備	被害	対応内容	発生時刻と復旧時間		
				10時	18時	2時
X1	配管系	無被害	点検	0.5	1.5	1.5
X2	装置A	無被害	点検	3.0	6.0	6.0
X3	配管系	無被害	点検	0.5	1.5	3.0
X4	配管系	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0
X5	装置B	軽被害	補修	12.0	12.0	18.0
X6	配管系	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0
X7	配管系・装置C	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0
X8	装置C	軽被害	補修	12.0	24.0	18.0
X9	配管系	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0
X10	配管系	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0
X11	配管系	軽被害	補修	6.0	18.0	10.0

表-3 発生時刻別の復旧所要時間(震度5強)

Case	所要時間	復旧時間	CP	備考
10時発生	15.0h	9.0h	X5	当日19時復旧
18時発生	25.5h	19.5h	X8	翌日13時半復旧
2時発生	21.0h	15.0h	X5	当日17時復旧

製造業のプラントをモデルとしたこのケースの場合は、屋外の配管系の被害など、夜間に制限を受ける作業が多いことから、18時に発生するケースで最も復旧時間が長くなる結果となった。同じ夜間発生でも2時に発生するケースのほうが復旧時間が短いのは、明け方までの待ち時間が短いからである。

24時間操業の場合、業務プロセス自体はそれほど時刻に依存しないので、発生時刻による影響は少ないと考えられる。一方、時刻によって遂行している業務プロセスが異なる業種の場合は、時刻による影響がより大きく反映される可能性がある。その場合は、闇雲に復旧作業を進めても全体の復旧時間短縮にならず、事業継続に寄与しない恐れもある。発生時刻に応じて、復旧完了(＝業務再開)時刻を考慮した復旧時間の短縮と対策の可否を検討する必要がある。

5. 復旧時間を短縮するための効果的な事前／事後対策選定手法

(1) PERT/CPMによる効果的な対策箇所の特定

3章で提案した手法を用いて、4章では製造業のプラントをモデルに、種々のケースで復旧時間を予測し比較した。本章ではさらに、前章までで推定した復旧時間を短縮するための効果的な事前／事後対策を選定する手法について述べる。

前述の図-5に示した震度6弱の地震を想定したケースを例に考えると、このケースではX5という復旧工程がクリティカル・パスとなっている。クリティカル・パスとは、その作業が遅延すると全体工程に影響の出る工程であるが、PERT/CPMではクリティカル・パスを短縮しない限り全体の所要時間が短縮されないことが明らかである。したがってこのケースの場合、復旧時間を短縮するには、まずX5という復旧工程の所要時間を短縮する対策が不可欠であることが特定できる。

次に、それぞれの復旧工程X1～X11に対して、復旧を早めるための対策をそれぞれ表-4のように設定した。ここで、標準所要時間と標準費用は、それぞれ何も対策を行わない(=現状の)場合の被災後の復旧に要する時間と費用であり、特急所要時間と特急費用は、表-4に示す対策を行った場合に予測される復旧所要時間と費用(=対策費用+復旧費用)である。

実際の場合に想定する対策としては、事前/事後、あるいは代替/補強など様々な案が考えられるが、ここではモデルを単純化するため、各対策は補強による事前対策のみとした。また、複数の補強案がある場合も想定されるが、同様の理由で1つの復旧工程に1つの対策案と仮定して検討を行った。

複数工程に対する対策の組み合わせについては、X1～X11までの11の復旧工程に対してそれぞれ対策を「する」「しない」の2通りの選択があるため、対策の有無の組み合わせは $2^{11}=2048$ 通りあることになる。しかし、前章で述べたように、クリティカル・パスの工程を縮めなければ全体工程は短縮されないため、クリティカル・パスにあたる工程(ここではX5)の対策を「しない」としている半数のケース(1024通り)では、どんなに他の工程で対策を行っても、全体の復旧所要日数は短縮されないことが明らかである。

そこでまずX5に対策を行うとすると、X5の所要時間が短縮されるため、図-7に示すような新しいアローダイアグラムができる。この結果、対策後の復旧所要時間は171時間→169.5時間と1.5時間短縮されることになり、新たなクリティカル・パスX8が提示される。さらに復旧所要時間を短縮するためには、このX8に対する対策が必要である。このことから、2048通りもの対策の組み合わせがあるにも関わらず、全体の復旧所要時間短縮に有効な対策の組み合わせは11通りしかなく、またその順序も重要であることがわかる。

以下、同様に順次クリティカル・パスの対策を行っていき、最終的にすべての対策を行った場合を図-8に示す。この場合、復旧所要時間は15時間となり、対策前より156時間短縮される。これは逆に、すべての対策をしても、現在の対策案ではこれ以上は短縮できないということを示している。

表-4 対策案一覧

作業記号	対策内容	標準所要時間 D_{ij} (h)	特急所要時間 d_{ij} (h)	標準費用 M_{ij} (億円)	特急費用 m_{ij} (億円)
X1	液状化対策(地盤改良)	6.0	0.5	0.05	0.3
X2	新設備への更新	12.0	3.0	0.05	5.0
X3	液状化対策(地盤改良)	6.0	0.5	0.05	0.5
X4	液状化対策(地盤改良)	120.0	0.5	0.05	0.3
X5	設備の高耐震化	168.0	12.0	0.10	2.0
X6	液状化対策(地盤改良)	120.0	0.5	0.50	0.4
X7	液状化対策(地盤改良)	144.0	0.5	0.10	0.2
X8	設備の高耐震化	168.0	12.0	0.50	2.0
X9	液状化対策(地盤改良)	144.0	0.5	0.10	1.0
X10	液状化対策(地盤改良)	168.0	0.5	0.10	0.7
X11	液状化対策(地盤改良)	168.0	0.5	0.10	0.7

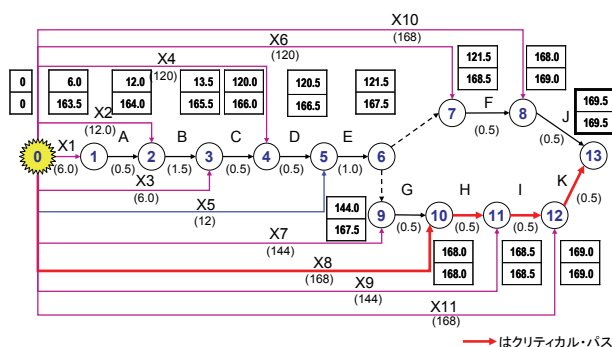


図-7 震度6弱の地震に対する復旧所要時間(X5対策後)

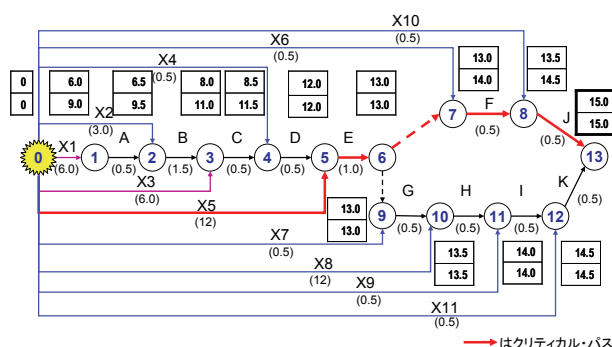


図-8 震度6弱の地震に対する復旧所要時間(全対策後)

なお、このケースでは補強による事前対策のみを対象としたが、代替品の事前準備や事後対応の効率化によっても各復旧工程の所要時間を短縮可能である。したがって、事後対策についても同様に検討が可能である。

(2) 対策案の費用対効果

前節(1)では効果的な対策箇所の特定について述べたが、最終的にその対策の実施を決定するには、対策費用、復旧費用に加え、機会損失費用を含めた全体費用について考慮する必要がある。

復旧費用は、災害により被害を受けた施設(構造物、設備など)を復旧するためにかかる費用で、予想される

被災程度が小さければ少なく、大きければ多くなる。

対策費用は、復旧所要時間短縮を目的として行う対策にかかる費用で、補強工事費用や代替品の購入費用、事後に生産拠点を移転するための移転費用などが相当する。

機会損失費用は事業を継続していれば得られるはずだった収入と考えられる。いろいろな考え方があるが、ここでは事業停止中には一律に機会損失費用が発生すると仮定し、事業中断日数×(検討する重要業務の)1日あたりの売上高とした。

対策案のコスト比較の概念図を図-9に示す。対策をしない場合に比べて、対策後は復旧費用が一般的に小さくなり(注：事後対応では小さくならない)、復旧時間が短縮されることで機会損失費用も小さくなる代わりに、対策費用が発生する。そこで、両者のバランスを考えて対策の実施について意思決定をすることが重要である。なお、重要業務が公益的な役割を併せ持つような場合には、事業停止により社会全体に与える損失(=社会的損失)なども考慮の対象になり得ると考えられ、無対策の場合にはより大きく経営上影響を与える可能性がある。

(3) 事業停止中の機会損失費用を考慮した復旧時間短縮効果の比較

次に、(1)で述べたケースについて、前節(2)の考え方により機会損失費用を考慮した復旧時間短縮効果の比較を行った。ここでは機会損失費用を $L_T=(\text{事業停止1日あたりの機会損失費用}) \times (\text{復旧所要日数})$ と計算し、全体費用を $C_T=\sum \alpha M_i + \sum \beta m_i + L_T$ として計算する。ここで、 M_i は各工程の標準費用、 m_i は対策後の特急費用、 α は対策した場合を0・しない場合を1とする係数、 β は対策した場合を1・しない場合を0とする係数である。標準費用、特急費用は(1)で説明した通りである。

対策を最も効率的な組み合わせ(必ずクリティカル・パスに行く)で行うと仮定して、対策箇所数が0箇所(無対策)の場合から11箇所(全箇所)の場合までの全体費用 C_T を計算した。1日あたりの機会損失費用を1億円、2億円、3億円とした3ケースの比較結果を図-10に示す。機会損失費用が1億円/日のケースでは、無対策の場合(復旧所要時間が一番長い右端の点)と10箇所の対策を行った場合(復旧所要時間が2番目に短い点)とで、発生する費用に大きな差はない。しかし、1日あたりの機会損失費用が2億円、3億円と上がっていくと、復旧所要時間の長い場合の発生費用はどんどん上昇していき、一番発生費用の低い17.5時間まで短縮させる場合の2倍以上の費用が発生することになる。またグラフからは、最後にクリティカル・パスとなる11箇所目の対策は、復旧時間の短縮効果に比べ費用がかかり過ぎることがわかる。

以上から、機会損失費用が比較的小さい場合には、全体の発生費用を考えて「何も対策をしない」という選択

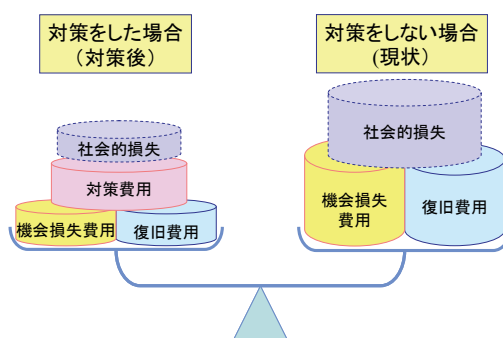


図-9 対策案のコスト比較

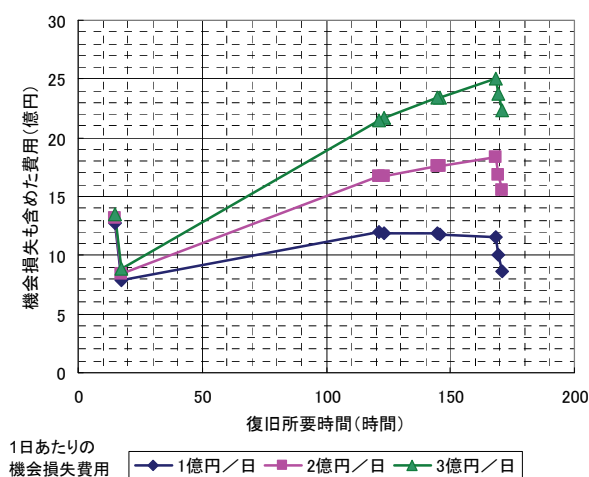


図-10 復旧時間と費用(復旧費用+機会損失費用)の比較

肢もありうるが、機会損失費用が大きくなるにつれて、適切な対策による復旧時間の短縮がコストの面でも重要となってくることがわかる。また費用対効果の良くない対策箇所も明らかとなる。

6. まとめ

地震時の事業継続に効果的な事前/事後対策の合理的な選定を目的に、工程管理手法であるPERT/CPMを用いた復旧所要時間の定量化手法を提案した。各復旧作業にかかる所要時間は、既往の地震被害予測結果を利用し、ある程度見積もることが可能である。それらに基づき、地震の規模によって変化する被害程度に応じた復旧所要時間を予測することが可能である。

また、PERT/CPMの活用により、全体の復旧所要時間に最も影響のある復旧工程をクリティカル・パスという形で特定することができる。クリティカル・パスにあたる工程を短縮しなければ全体工程を短縮できないのはPERT/CPMでは自明であり、このことから復旧所要時間を短縮するために対策すべき箇所がクリティカル・パス

という形で合理的に特定されることになる。

それを利用し、効率的な事前／事後対策の組み合わせや順序を合理的に判断することができる。また、復旧費用、対策費用に機会損失費用も含めた全体のコストを考慮することで、対策による費用対効果を定量的に比較することが可能である。

以上の流れから、今まで個別対応的に行われてきた耐震対策の事業全体における位置付けが明確になるとともに、耐震対策への投資の経営判断が行いやすくなる。さらに、今まで漠然と捉えられていた対策の優先順位や個々の対策案に関する「代替」or「補強」といった事業継続上重要な判断も、費用対効果の比較で合理的に行うことができる。その結果、より現実的に即し、実効性の高い効果的なBCPの策定が可能になる。

最後に、BCMは本来、最初から完成された対策を行うよりも、できるところから対策を始め、継続的に改善していくことを推奨している。本論文で提案した手法によって、まず自らの現状を把握し、できるところから対策を行うことで、企業における事業継続性能向上の一助になればと願っている。

謝辞：本論文の内容は、著者が東京大学大学院工学系研究科において博士論文としてまとめたものである。論文執筆にあたり、東京大学工学系研究科社会基盤学専攻の上田孝行教授、東畑郁生教授、柴崎亮介教授、本田利器准教授、加藤佳孝准教授から有益なご指導、ご助言をいただいた。ここに記して心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本社会に適したBCM研究委員会 平成19年度報告書, 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター(ICUS), 2008
- 2) 内閣府 防災担当：事業継続ガイドライン 第一版, p29, 2005
- 3) 関根智明：PERT・CPM, ORライブラリー11, 日科技連, 1973
- 4) 加藤昭吉：使える計画技法 PERT/CPM ープロジェクトを成功させる科学的プランニングー, 1999
- 5) 加藤昭吉：計画の科学 ーどこでも使えるPERT・CPMー, 講談社ブルーバックス, 1965
- 6) 長畑秀和：ORへのステップ, 共立出版, 2002

A DECISION SUPPORT METHOD FOR DETERMINING EFFECTIVE EARTHQUAKE COUNTERMEASURES TOWARD BUSINESS CONTINUITY

Michiyo SOEJIMA and Kimiro MEGURO

The assessment of business impact in conventional business continuity management (BCM) has not sufficiently considered the recovery time quantitatively. Thus, to carry out evaluation of business impact more practically, we propose a new technique for quantifying the recovery time by using PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method). Corresponding to the characteristics and scale of hazard, this technique can precisely predict the total recovery time based on the quantitative estimation of the time required for each recovery process, which is calculated by the current methods for damage prediction. This technique, which can show the critical path to determine the total recovery time, is also useful to decide the priority of countermeasures against the hazard.