

地震時建設事業継続のための 意思決定プロセスと事前対策の効用

鋤田 泰子¹・高田 至郎²・安井 裕一³

¹神戸大学准教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1)

E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

²神戸大学教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1)

E-mail: takada@kobe-u.ac.jp

³神戸大学大学院生 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1)

E-mail: 073t136t@stu.kobe-u.ac.jp

近年、企業が災害や事故で被害を受けても、取引先等の利害関係者への重要業務が中断しないこと、中断しても可能な限り短い期間で再開できるための事業継続計画のガイドラインが策定されている。しかし、多くの対策項目の効果やそれらの相互関係について明らかにはなっていない。そこで、建設会社の地震時緊急対応プロセスをペイジアンネットワークを用いてモデル化し、意思決定による事業継続への影響を評価する方法を示した。また、事前対策の有無による事業継続への効用について定量的な評価を行った結果、BCPを策定する上では、対応マニュアルの準備及び協力会社との連携が最も影響する事前対策であることが分かった。また、他現場の対応で人員制限を受ける場合の意思決定への影響についても示した。

Key Words : Business continuity plan, emergency response, construction company, decision making, basian network

1. はじめに

近年、企業では、災害や事故で被害を受けても、取引先等の利害関係者への重要業務が中断しないこと、中断しても可能な限り短い期間で再開することが期待されている。また、このような事業継続を追求した計画は「事業継続計画」(BCP: Business Continuity Plan)と呼ばれ、全国的に広まりつつある^{1), 2)}。とくに、地震時、公共インフラ・民間企業等の復旧工事を通じて、政治経済・社会活動の早期回復に大きな役割を担い、社会の早期復旧に貢献する建設業においては、積極的に取り組んでいく必要がある。

平成18年には建設事業者を対象としたBCPガイドライン^{1), 2)}が策定され、様々な事前対策事項や緊急対応時のマニュアルが明文化されている。しかし、各建設会社が具体的に事業継続計画を進めていく上で、緊急時の意思決定が事業継続全体へ及ぼす影響や各事前対策の効果は定性的に示されたガイドラインだけではわかりにくい。そこで、本稿では、建設会社の地震時緊急対応プロセスをペイジアンネットワークを用いてモデル化し、震度レ

ベルに応じた意思決定による事業継続への影響を評価する方法を示した。また、事前対策の有無による事業継続への影響について定量的な評価を行い、BCPを策定する上での事前対策の優先順位を示した。

2. 建設業における地震時事業継続計画

(1) 事業継続計画ガイドライン

平成17年3月に、我が国で初めて事業継続のための指針として、IT関連に焦点を当てた「事業継続計画策定ガイドライン」³⁾が経済産業省より策定された。同年8月には、内閣府より一般企業を対象とした事業継続のための包括的指針として「事業継続ガイドライン第1版」⁴⁾が策定され、平成18年3月には中小企業を対象とした「事業承継ガイドライン」⁵⁾が策定された。そして、平成18年7月には、日本建設業団体連合会より「事業継続ガイドライン 第1版」⁶⁾をベースにして建設会社の観点から「建設BCPガイドライン (第1版)」⁷⁾が策定された。

また、日本は各国の事情も踏まえた上で日本のリスク

マネジメント・緊急事態対応・災害復旧対応・事業継続管理などに対する考え方等を尊重しつつ、緊急事態対応・事業継続計画の国際標準化を進めるべきとし、「事業継続計画策定ガイドライン」をベースとして緊急事態対応・事業継続計画の国際標準化に向けた日本提案文書案を作成し、平成20年度中にISO化される見通しである⁹⁾。

種々の事業継続ガイドラインが策定される一方で、企業での導入傾向に関する調査も行われている。東京商工会議所⁷⁾は、会員企業3,110社を対象にして企業が具体的にとるべき災害対策や地域との連携・協力のあり方についての調査の結果をまとめている。それによると、地震など自然災害に対して意識している企業は9割近くに上り、危機意識の高さが伺えるものの、災害時の事業継続・早期復旧対策については、約5割の企業が具体的な対策を行っておらず、BCPの作成に至ってはわずか5%に留まっていることが示されている。また、丸谷⁸⁾は、関西の大企業を対象にした調査からBCMの重要項目の導入に対する困難さ・容易さを考察している。

一方、多々納^{9) 10)}は、製造業者・非製造業者を対象に、供給系ライフラインが途絶した場合における事業の影響程度に関するアンケート調査をして、経済損失算定のための指標を提案している。松尾¹¹⁾は、経営戦略の面から、現在のBCMに関する動向やマネジメントシステムの構築方法を紹介し、経営戦略として取り組む必要性和有効性について述べている。

(2) 建設BCPガイドライン¹⁾ ²⁾と建設業の重要業務

建設BCPガイドライン¹⁾ ²⁾は、上述したように建設会社を対象とした事業継続ガイドラインであり、地震等、広域にわたる大規模災害が発生した場合、建設会社の復旧工事活動に対する社会的要請が非常に強いことに鑑み、建設会社におけるBCPのあり方について一定の方向性が示されている。

内閣府「事業継続ガイドライン」と大きく異なる点として、図-1に示すように事業継続に取り組むための重要事項の違いが挙げられる。内閣府「事業継続ガイドライン」は一般企業を対象としているため、製造・搬送・販売などのサプライチェーンの継続性を重視している。一方、「建設BCPガイドライン」は建設会社の観点からまとめられているため、事業継続計画のための施策として、一般企業を対象とした「製品・サービスの供給関係」の項目が削除され、建設会社の観点から「協力会社との連携」、「インフラ復旧工事への対応」、「施工中現場への対応」そして「竣工物件への対応」が追加されている。

また、建設会社において優れたBCPを策定しても、それを実行する「人」がいなければ事業継続していくことは不可能であり、大地震を想定してBCPを策定するには、

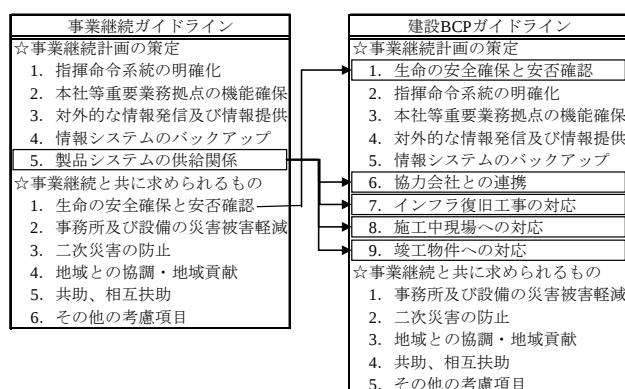


図-1 事業継続ガイドラインと建設BCPガイドラインとの相違点^{1),2),4)}

人的資源が失われる危険性を強く意識し、可能な限りそれを回避するような計画を策定する必要がある²⁾。このことから、事業継続ガイドラインでは、事業継続と共に求められるものとして挙げられていた「生命の安全確保と安否確認」の項目が建設会社において事業継続そのものに必須であるとし、事業継続計画のための施策項目に挙げられている。

さらに、建設会社における事業継続に対する概念は一般企業のものとは異なる。BCPとは、すなわち、災害時に重要業務が中断した場合でも平常時の業務を継続させる計画のことであるが、建設会社におけるインフラ復旧工事等は「中断した平常時の業務の復旧」というよりは「災害後に新たに発生する業務への対応」である。このように災害と深く関係する建設会社では、「平常時の業務を継続させる計画」という狭義の捉え方のみでなく、災害前から実施している平常時の業務である「通常業務の継続」と災害後に新たに発生する「応急業務への対応」に分類して考えられている²⁾。

とくに、「インフラ復旧工事への対応」、「施工中現場への対応」そして「竣工物件への対応」は建設会社における事業継続のための重要業務であり、これら重要業務を迅速に適切な意思決定のもとで対応していくことが建設会社の事業継続につながると考えられる。

3. 施工中現場での意思決定モデルの構築

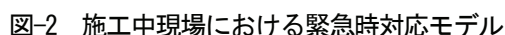
(1) ベイジアンネットワークによるモデル化

ベイジアンネットワークとは、現実の事象をネットワーク図で表わし、事象間の関係を確率で表現するモデルである。このベイジアンネットワークで用いるグラフは非循環有向グラフと呼ばれ、あるノードから出発していくつかのアークを通りまたもとのノードに戻ることは許されない。また、ベイジアンネットワークでは、各事象

しかし、意思決定判断は考慮されない。そこで、本研究ではベイジアンネットワークを拡張した影響図(Influence diagram)と呼ばれる意思決定ネットワークモデルを用いた。影響図とはベイジアンネットワークに意思決定のツールとして決定ノード及び効用値を表す価値ノードを追加した意思決定ネットワークモデルである。影響図では3つの記号を用いる。1つは意思決定者が可能な範囲で行為の選択を行う項目を表す意思決定ノード(Decision node)であり、通常正方形または長方形で描かれる。次にベイジアンネットワークでも用いられる確率ノード(Chance node)である。これは意思決定者が直接コントロールできない不確実な要因・事象を表し、通常、長円形で描かれる。そして、利益や顧客満足度といった意思決定の判断基準・尺度を示すノードとして価値ノード(Value node)があり、通常ひし形で描かれる。

本研究では、事業継続に大きな影響を及ぼすと考えられる震度5、6、7の地震直後における施工中現場への緊急対応プロセスを考える。施工中現場とは橋梁・道路・トンネルなどの土木公共施設の現場のことであるが、本モデルでは普遍的で必需である道路交通施設を取り上げる。また、支社と施工現場との対応モデルとし、まず、施工現場のみが被災した場合を想定する。

最後に、建設会社における事業継続とは、重要業務に対して安全かつ迅速な対応をとることである。建設BCPガイドラインにおいても、長期的な復興を目標とするのではなく、上述した重要業務に対応できる体制の整備や二次災害防止措置ができるまでの目標時間を24時間や48



(3) 外的要因・事前対策による事前確率

a) 震度 (Seismic Intensity : 以下I)

b) 勤務時間帯 (Working hour : 以下W)

c) 連絡手段の準備 (Measure1 : 以下M1)

-740-

表-1 確率ノードの事前確率の設定

事象	記号	P (yes, no)
時間	W	(0.33, 0.67)
事前対策	M1	(0.86, 0.14)
	M2	(0.63, 0.37)
	M3	(0.095, 0.005)
	M4	(0.428, 0.572)
	M5	(0.198, 0.802)
	M6	(0.616, 0.384)

客との対応としても連絡手段の準備は必須である。本モデルでは、緊急時における連絡手段の準備状況に関する、丸谷⁹⁾のアンケート結果を用いた。

d) 顧客への対応窓口の設置 (Measure2 : 以下M2)

本モデルでは、顧客への対応面で関連していると考えられるため丸谷⁹⁾によるアンケートの「取引先・納入企業等の連絡先リストの準備」に関する調査結果を用いた。

e) 移動ルート・移動手段の準備 (Measure3 : 以下M3)

移動ルート・移動手段は作業員の召集や他からの応援など現場に到着するためには欠かせない。マイカー・バイク・自転車などの移動手段は、対策を施す以前に大半の人が所持しているものと考えられるが、緊急時用移動ルートの確保は容易ではない。そこで東京商工会議所⁷⁾が実施した「従業員の避難・帰宅計画（ルート・場所等の確認）の作成状況」に関する質問の調査結果を用いた。

f) 作業員安全確保のための災害時対応マニュアルの準備 (Measure4 : 以下M4)

現場作業員の安全を確保する上で緊急時対応マニュアルの事前準備による影響は大きい。そこで、M3と同様に「災害時の対応（消火・避難誘導等）における従業員の役割分担体制の整備状況」に関する質問の調査結果⁷⁾を用いた。

g) 緊急時の作業員行動マニュアルの準備 (Measure5 : 以下M5)

本モデルでは「従業員の行動マニュアルの作成状況」に関する質問の調査結果⁷⁾を採用した。

h) 緊急時の協力会社との提携 (Measure6 : 以下M6)

震災時施工現場の被害が大きくなれば自社だけでは対応できないため、協力会社との提携による影響は大きい。本モデルでは「取引先などが密接に関連している災害時の帰宅困難者（お客、取引先など）に対する対策状況」に関する質問の調査結果⁷⁾を採用した。

(4) 条件付確率の設定

本モデルでは意思決定判断及び事前対策によって生じる状態を条件付確率として与え、以下のS1からS8までの8項目を設定した。但し、表-2内の数値は、S1の条件付確率を示しており、表-3から表-9内の数値においては、各表に相当する事象の正否の条件付確率を示している。

表-2 施工物件被害に関する確率 P(S1|I)

S1\I	5	6	7
S	0.987	0.94	0.678
M	0.01	0.047	0.132
L	0.003	0.013	0.19

表-3 現場への移動可能状態 P(S2|I, M3)

M3\I	5	6	7
yes	(0.6, 0.4)	(0.38, 0.62)	(0.055, 0.945)
no	(0.48, 0.52)	(0.29, 0.71)	(0.045, 0.955)

a) 施工中物件の被害 (State1 : 以下S1)

能島ら¹²⁾は兵庫県南部地震における阪神高速道路の高架橋被災データを用いて脆弱性評価を行っている。本モデルでは、能島らの分析結果を参考にして、施工中物件の物的被害を「大被害L」「中被害M」「小・無被害S」として条件付確率を設定した。表-2において、行Iは震度5、震度6、震度7を表しており、列S1は施工物件の被害小 (S)、中 (M)、大 (L) を表している。

b) 現場への移動が可能状態 (State2 : 以下S2)

本モデルでは、震災当日近畿県内の関西電力支店における午前9時までの当日の出勤状況¹³⁾より震度別の移動可能な状態を数値化し、それらを条件付確率として表-3の通り与えた。

c) 現場作業員の安全が確保できている状態 (State3 : 以下S3)

現場作業員の安全状態は現場の安全確認の他、勤務時間や対応マニュアルの準備状況にも影響される。とくに現場の安全確認や対応マニュアルの準備状況による影響は大きく、勤務時間帯に関しても夜間作業はより危険性が増すため、この3要因による影響は大きい。これらを考慮した条件付確率を表-4に示す。表-4の中、判断D1において判断した場合を d_1^1 、判断しなかった場合を d_1^2 とする。以下、判断項目については同様な表記を行う。

d) 作業員が現場にいる状態 (State4 : 以下S4)

作業員が施工現場に存在するためには、大きく分けて現場にいる作業員の安全を確保する場合と現場外の作業員が現場に到着する場合がある。地震後、現場作業員の安全が確保されると、当然二次災害防止措置に対応できる作業員がいる確率は大きくなる。一方現場外の作業員が現場に来る場合、各作業員に連絡がついても移動することができなければ現場に来ることはできない。表-5は作業員が現場にいる確率を示している。

e) 二次災害防止措置（応急措置）体制が整っている状態 (State5 : 以下S5)

応急措置を実施するためには、作業員と協力会社の存在が重要となる。応急措置を実施しないと判断した場合、実施しなくとも作業員自ら行ったり協力会社から措置の申し入れがある可能性を考慮した。二次災害防止措置体制が整っている状態確率を表-6に示す。

表-4 現場作業員の安全を確保できている

状態確率 $P(S3 D1,W,M4)$				
D1 M4\W	d_1^1		d_1^2	
	yes	no	yes	no
yes	(0.8, 0.2)	(0.4, 0.6)	(0.3, 0.7)	(0.1, 0.9)
no	(0.65, 0.35)	(0.3, 0.7)	(0.2, 0.8)	(0.05, 0.95)

表-5 作業員が現場にいる状態確率 $P(S4|S2,S3,6,M5)$

S3 S6 M5\S2	yes				no			
	yes		no		yes		no	
	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no
yes	(1,0)	(0.6,0.4)	(0.8,0.2)	(0.5,0.5)	(0.3,0.7)	(0.1,0.9)	(0.2,0.8)	(0,1)
no	(1,0)	(0.6,0.4)	(0.75,0.25)	(0.45,0.55)	(0.3,0.7)	(0.1,0.9)	(0.16,0.84)	(0,1)

表-6 応急措置体制が整っている状態確率 $P(S5|D2,S4,M6)$

D2 M6\S4	d_2^1		d_2^2	
	yes	no	yes	no
yes	(1,0)	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)	(0.1,0.9)
no	(1,0)	(0.3,0.7)	(0,1)	(0,1)

表-7 作業員に連絡がつく状態確率 $P(S6|I,M1)$

M1\I	5	6	7
yes	(0.75, 0.25)	(0.063, 0.937)	(0.008, 0.992)
no	(0.57, 0.43)	(0.027, 0.973)	(0.002, 0.998)

表-8 顧客と迅速に連絡をとることができる状態確率 $P(S7|I,M1,M2)$

I M2\M1	5		6		7	
	yes	no	yes	no	yes	no
yes	(0.7, 0.3)	(0.54, 0.46)	(0.06, 0.94)	(0.025, 0.975)	(0.006, 0.994)	(0.001, 0.999)
no	(0.65, 0.35)	(0.5, 0.5)	(0.04, 0.96)	(0.02, 0.98)	(0.004, 0.996)	(0, 1)

表-9 現場作業中止に関して電話ですぐに顧客の承諾が得られる状態確率 $P(S8|D3,S7)$

S7\D3	d_3^1	d_3^2
yes	(0.8,0.2)	(0.1,0.9)
no	(0.5,0.5)	(0,1)

f) 作業員に連絡がつく状態 (State6 : 以下S6)

緊急時、作業員に連絡がつく確率は震度及び連絡手段の準備状況に大きく影響される。そこで、能島ら¹²⁾による過去の地震に基づいた震度別ライフライン供給停止率を参考とする。能島らによって震度別ライフライン供給停止率が示されているが、通信と電力の復旧過程が類似していることから、連絡可能な状態につながると考えて電力の供給停止率に着目した。連絡がつく状態の条件付確率を表-7に示す。

g) 顧客と迅速に連絡をとることができる状態 (State7 : 以下S7)

緊急時、顧客と迅速に連絡をとるためには、事前に連絡手段や対応窓口の準備をしておく必要がある。そこで、f)で設定した各作業員に連絡がつく状態確率(表-7)を基準として、顧客への連絡は社員と比べてつきにくいと考え、表-8のように確率を設定した。

h) 現場作業中止に関して電話ですぐに顧客の承諾が得られる状態 (State8 : 以下S8)

顧客へ現場作業中止の承諾を願い入れる申し入れをしても顧客からすぐに承諾が得られるとは限らない。本モデルでは電話ですぐに顧客の承諾が得られる状態を想定する。一般に、建設業者は現場作業員の二次災害などによる被害から安全を確保するために現場作業の一時中断が求められる一方、現場が被災した場合でも迅速な工事再開が望まれる。また、顧客と連絡がとれるか否かも顧客への迅速な対応に大きく影響する。顧客と電話ですぐに連絡がとれないときは、顧客の所へ赴き事情を説明し承諾を得ることを想定した。さらに、作業中止の要請を行わなかったとしても、施工現場の被害が大きいほど顧客から作業中止の承諾を申し入れてくれると想定して、

表-9に条件付確率を示す。

(5) 効用値の設定

現場作業員の安全を確認するのに要する時間V1は施工現場の被害の大きさと作業員の安全状態に大きく影響される。作業員の安全を確認した場合において、作業員の安全が確保されている状態を基準値として考えた。また、安全を確認しない場合は、ペナルティとして確認した場合の3倍の時間を要するとした。

次に、現場の応急措置に要する時間V2は施工現場の被害の大きさと現場の迅速な措置体制に大きく影響される。応急措置の判断をした場合、迅速な措置体制が整っている状態を基準値として考える。迅速な措置体制が整っていないなら1.5倍の時間を要すると想定した。また、上記同様、応急措置判断をしない場合のペナルティとして判断をした場合の倍の時間を要するとした。

二次災害を防止するためにも現場作業を一時中断することが望まれる。顧客への迅速な対応がとれる状況下であれば、施工現場の被害が大きいほど顧客が承諾するまでの時間はかからない。時間効用値として、現場被害が小さい場合は12時間程度、中程度なら9時間程度、大被害なら6時間程度と設定した。しかし、顧客への対応がすぐにとれない場合については、顧客の所まで赴いて承諾してもらうことを想定し、対応が取れる場合の時間の3倍とした。また、上記同様、作業を中止しない場合にペナルティを設定する。作業を中止せず継続する場合は顧客満足度と作業続行による危険性に着目した。被害が小さい場合は、作業続行による危険性は小さく顧客は作業続行を望む。また、中被害の場合は、顧客は作業続行を望むもののそれによる危険性は上回る。そして、被害が大規模なら顧客満足度より作業継続による危険性の影

表-10 作業員の安全確認に
要する時間効用値

D1	d ₁ ¹		d ₁ ²	
S1\S3	yes	no	yes	no
S	3	6	9	18
M	6	12	18	36
L	12	24	36	72

表-11 現場の応急措置に
要する時間効用値

D2	d ₂ ¹		d ₂ ²	
S1\S5	yes	no	yes	no
S	6	9	12	18
M	12	18	24	36
L	24	36	48	72

表-12 現場作業一時中断に関する
顧客承諾に要する時間効用値

D3	d ₃ ¹		d ₃ ²	
S1\S8	yes	no	yes	no
S	12	36	12	12
M	9	27	72	72
L	6	18	168	168

響がかなり大きいと考えられる。そこで、表-12に示すように、小被害なら半日程度、中被害なら3日間程度、大被害なら1週間程度のペナルティを与えた。

4. 震度別意思決定と事前対策による感度分析

(1) 震度に応じた最適意思決定プロセス

3. で設定したパラメータに従って意思決定プロセスによる効用値について分析した。意思決定ノードはD1からD3までの3判断項目があり、一項目につきYesまたはNoの意思決定を行うこととして、表-13に示す8ケースの意思決定プロセスを考える。この8ケースの震度別の時間効用値をを図-3に示す。また、グラフの凡例内におけるy, nはそれぞれ決定判断の状態を表し、それらは前述した3つの時系列的な決定判断項目（現場作業員の安全確認の判断（D1）、現場の一時的二次災害防止措置の判断（D2）、顧客への作業中止承諾の申し入れ判断（D3））に対応している。例えば、判断「P3-yny」は、現場作業員の安全確認を行ったが（D1がy）、一時的二次災害防止措置を行わずに（D2がn）、顧客へ作業中止の承諾の申し入れを行った（D3がy）場合を示す。

a) 最適意思決定プロセス

震度5, 6では効用値の傾向にあまり変化は見られないものの、震度7で時間効用値が大きくなることが示された。これは、表-2において震度7における道路の損傷率がそれ以下の震度と比較して中被害・大被害の割合が増大するためと考えられる。

震度5, 6では意思決定プロセスP2を選択することが最優先すべき判断であると示された。つまり、作業員の安全確認及び現場の応急措置を行った上で作業を中止せずに継続することが最適な判断であるということである。一般的に考えるとP1を選択することが最善であるように

表-13 意思決定プロセスのケース

意思決定 ケース	意思決定項目		
	D1	D2	D3
P1	Y	Y	Y
P2	Y	Y	N
P3	Y	N	Y
P4	Y	N	N
P5	N	Y	Y
P6	N	Y	N
P7	N	N	Y
P8	N	N	N

注) Yは判断した場合、Nは判断しなかった場合を示す。

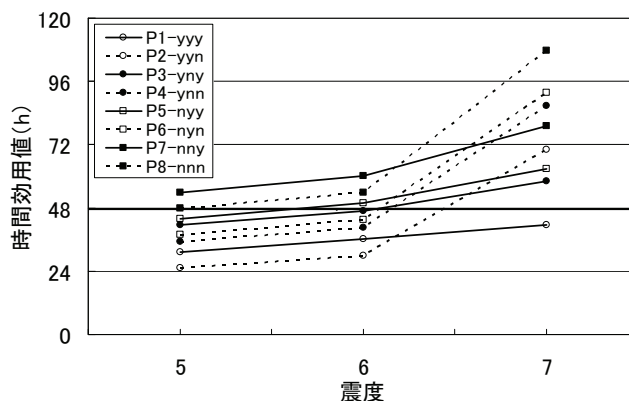


図-3 意思決定判断に基づく震度別時間効用値の推移

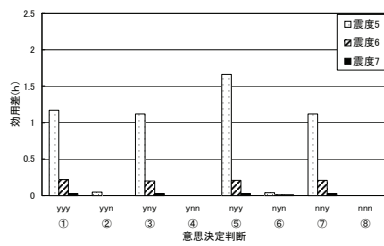
考えられるが、震度5, 6では、施工物件に対する被害は小さくなく、作業員の安全確認及び現場の応急措置を行うと現場の安全は十分確保されるので、顧客の作業継続の要望を優先できることになる。

一方、震度7はP1を選択することが最も優先すべき判断であると示された。つまり、作業員の安全確認及び現場の応急措置を行った後は作業を一時中断すべきであるという意思決定である。震度7では、作業員の安全確認及び現場の応急措置を行った後でも、施工物件に対する被害は大きく更なる二次災害が予想される。そのため、それ以上の作業継続は作業員の命の危険性が考えられ、作業を一時中断し二次災害防止や現場周辺の応急復旧工事などに専念すべきであると考えられる。

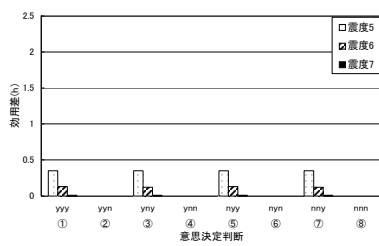
b) 意思決定プロセスの優先順位

図-3より、震度5, 6では、意思決定プロセスはP2に続いてP1, P4, P6, P3, P5, P8, P7の順に時間効用値が大きくなる。一方、震度7では、P1, P3, P5, P2, P7, P4, P6, P8の順である。これらよりの結果より、震度を問わず、作業員の安全確認の判断を行うことが全体的に効用値を上げており、まず、施工現場では、緊急時作業員の安全を確認することが先決であると言える。しかし、震度7では、作業員の安全確認はもとより作業中止判断の影響も大きく出ている。

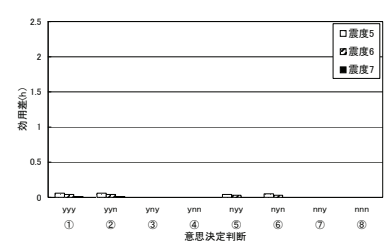
また、震度5, 6では2番目に意思決定プロセスP1の判断が優先されるのは当然といえる。しかし、3番目以降の優先順位としてP4に次いでP6が選択されているのは、



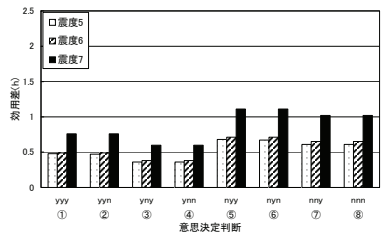
(1) 連絡手段の準備 (M1)



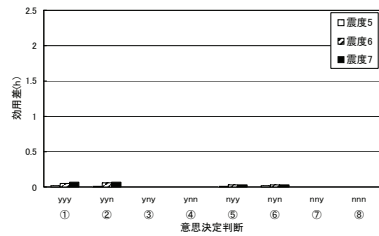
(2) 顧客への対応窓口の設置 (M2)



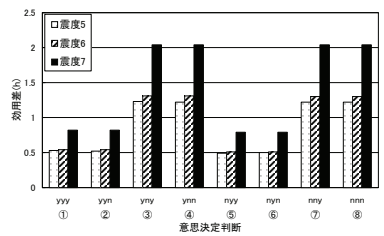
(3) 移動手段の準備 (M3)



(4) 対応マニュアルの準備 (M4)



(5) 行動マニュアルの準備 (M5)



(6) 協力会社との連携 (M6)

図-4 事前対策の影響分析

施工物件の被害が小さいため作業員の安全確認が現場の応急措置を行えば、どちらか一方を行わなかったとしても作業継続の危険性はそれほど高くないためと考えられる。ここでも、応急措置判断より安全確認判断の方が優先されることが分かる。一方、震度7では、意思決定の2番目の優先順位としてP3が選択され、震度5、6で最適意思決定として位置づけられていたP4の時間効用値は急激に増加して、4番目に小さいものとなった。これは、施工物件に対する被害が大きく、作業継続による危険性の影響が大きいためと考えられる。また、上述したように、作業中止の判断が大きく効用値を下げている。そのため、作業員の安全確認後はすぐに作業を中断し二次災害防止に専念すべきであると考えられる。

次に、着目すべき点は、震度5、6では、最もすべきでない意思決定として、P8ではなく、P7が選択されている点である。すなわち、作業員の安全確認及び応急措置を行わずに作業を継続するよりも顧客へ作業中止の申し入れだけを行う判断は良くないことを示している。これは、作業員の安全確認及び応急措置を行わずに作業を継続することは作業員への危険が伴う。しかし、施工物件の被害が小さく震度も小さいため、震度5、6程度の地震で作業を中止することは、逆に顧客に迷惑をかけると考えられる。一方、震度7では作業継続によって大きな危険が伴うために、最もすべきでない意思決定にP8が選択されている。

c) 目標時間内における意思決定判断の選択

事業継続において、迅速な対応は当然のことであり目標時間も設定される。そこで、本モデルでは3つの意思決定による目標時間効用値を遅くとも2日間つまり48時間と設定する。48時間を超えることはさらなる被害が波及するとともに建設会社の社会的信用を失墜させると判断されるためである。

震度5、6の場合、最適意思決定として、作業員の安全確認及び応急措置の実施をした上で作業を継続する判断を選ぶと丸1日程度で対応でき、上位半分の意思決定プロセスのケースで48時間以内に入っている。

一方、震度7では、作業員の安全確認及び応急措置の実施をした上で作業を一時中断し、より堅実な二次災害防止措置を行う判断が最適意思決定として導かれている。この場合、震度5、6より時間を要するものの最短で約40時間で対応ができており、48時間以内に対応できるのはケースP1の判断のみといえる。その他の決定判断プロセスには、最大で4日、5日要しているものもある。

(2) 事前対策による影響分析

本モデルでは事業継続のための事前対策を事前確率として与えている。そこで、各々の事前対策が事業継続に与える影響を評価する。(1)では既往研究から統計的に対策状況を踏まえて分析を行ったが、本項では各対策をしている場合(事前確率1.0)としていない場合(0.0)とを想定し、その効用差を分析する。対策M1からM6までの6つの事前対策について、意思決定判断別に震度ごとの効用差を図-4に示す。

全体的に、連絡手段の準備(M1)、顧客への対応窓口の設置(M2)、移動ルート・移動手段の準備(M3)との効用差は震度が大きくなるにつれて減少するが、作業員安全確保のための災害時対応マニュアルの準備(M4)、緊急時の作業員行動マニュアルの準備(M5)と緊急時の協力会社の存在(M6)の効用差は震度が大きくなるにつれて増加することが分かる。対策M1とM2は共に情報伝達に関連しており、震度が大きくなるにつれて連絡ルートが途絶して連絡がとりにくくなる。そのため、震度が大きくなればこれらの準備による影響は小さくなる。また対策M3においても同様に、震度が大き

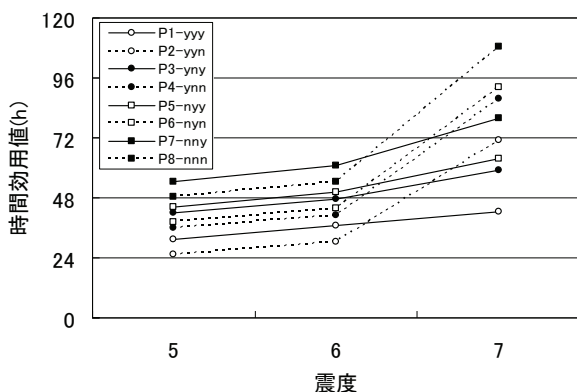


図-6 他現場からの応援可能性を考慮した震度別時間効用値の推移

他現場からの応援可能性により、当該現場における応急措置実施への迅速な対応が期待できる。S5 を基に当該現場において応急措置体制が整っている状態確率を設定した（表-15）。また、行 D2 では現場の応急措置判断をそれぞれ d_1^1 （応急措置を行う）、 d_2^2 （応急措置を行わない）と表し、行 S4 は作業員が現場にいる状態、行 M6 は協力会社の連携状態、列 S9 は他現場からの応援可能状態を表している。

(3) 解析結果

他現場からの応援可能性を考慮した震度別時間効用値を図-6に示す。3. で構築したモデルと比較して若干の変動が見られるものの、震度に応じた意思決定プロセスの優先順位には変化は見られなかった。

そこで、他施工中現場からの応援が意思決定プロセスに及ぼす影響を分析する。他施工現場からの応援がある場合とない場合を想定し、意思決定判断の時間効用値の差を図-7に示す。全体的に大きな変動が見られ、震度が大きくなるにつれ時間効用差が大きくなることが分かる。これは、他現場からの応援があると当該現場においてより迅速な応急措置体制を整えることが可能であるため、時間効用値は減少したと考えられる。また、震度が大きくなるにつれ他現場からの応援の必要性が増し、時間効用値の差に大きな影響を与えたと考えられる。

とくにP3, P4, P7, P8の場合、時間効用差が大きくなる事が分かる。これは、当該現場において応急措置をしない場合、現場被害は増大し、その分他現場からの応援の必要性が増すためと考えられる。

また、本モデルにおいて、他現場は当該現場よりも大きな被害状況を想定しているため、逆に当該現場の方が他現場よりも被害が大きい場合、本結果よりも大きな時間効用差の変動が予想される。しかし、本モデルが幾つものノードによって構成されたネットワークであるため、

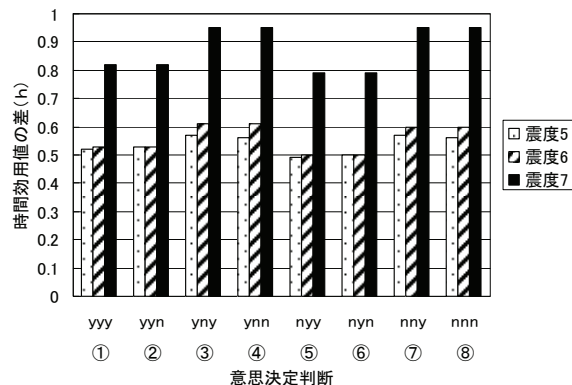


図-7 他現場からの応援可能性を考慮した場合の時間効用値の変化

多少の数値の増減では、時間効用値が数十時間も変動することはないということは、著者らの経験によって明らかとなっている。

6. まとめ

本研究では、地震時の建設事業継続のため緊急時の意思決定モデルとしてベイジアンネットワークを用いて施工中現場での対応のモデル分析を行った。本研究は、以下のとおりにまとめることができる。

- ・建設事業継続の視点から、緊急時の人員・物件の安全確保と時間効用指標による迅速な対応に着目して、定量的に最適な意思決定を示すことができた。モデルに与える確率については、既往の研究を参考にして現況により近い状態を想定したが、数値によって効用値も変動するため、今後さらに検討する余地がある。
- ・震度5, 6では、施工物件の被害は大きくないため、作業員の安全確認及び現場の応急措置を行えば、顧客の作業継続の要望を優先できるが、震度7では作業を一時中断し二次災害防止や現場周辺の応急復旧工事などに専念すべきということが示され、震度によって意思決定プロセスが異なることがわかった。
- ・震度7を想定するならば、事前対策は全体的に対応マニュアルの準備と協力会社との連携を行っておくことが他の事前対策よりも事業継続を達成する上で効果的であることがわかった。
- ・地震によって対応すべき現場が複数発生すると人員制限を受け、迅速に対応しにくくなるが、最適な意思決定プロセスは変化しないことがわかった。
- ・本研究では、施工中現場における事業継続を対象としたが、本手法によって建設事業継続にとって重要

な「インフラ復旧工事への対応」,「竣工物件への対応」についてもモデル化して,同様に分析することができる。

- ・ 実務の立場から各事業者が,対策を実施するための費用や遂行完了までの時間,実施しやすさを具体的に示すことができれば,本分析による時間効用値を用いて事業継続のための事前対策の効果や優先順位を示すことができる。

参考文献

- 1) 日本建設業団体連合会：建設 BCP ガイドラインー首都直下地震に備えた建設会社の行動指針 第 1 版, 2006.7.
- 2) 日本建設業団体連合会：建設 BCP ガイドラインー首都直下地震に備えた建設会社の行動指針 第 2 版, 2006.11.
- 3) 経済産業省：企業における情報セキュリティガバナンスのあり方に関する研究会 報告書, 事業継続策定ガイドライン, 2005.3.
- 4) 内閣府：事業継続ガイドライン第一版ーわが国企業の減災と災害対応の向上のためにー, 2005.8.
- 5) 経済産業省中小企業庁 事業承継協議会：事業承継ガイドライン, 2006.3.
- 6) 社団法人日本規格協会：緊急事態対応・事業継続計画の国際標準化に向けた趣意書(案)及び具体的な標準(規格)の骨子(案)の日本提案文書(案)
- 7) 東京商工会議所：会員事業者の災害対策に関するアンケート結果, 2006.6.
- 8) 丸谷浩明：事業継続マネジメントの重要項目の導入の実態と困難性に関する考察 - 中小企業への普及も想定して -, 地域安全学会論文集, pp.269-278, 2006.11.
- 9) 梶谷義雄, 多々納裕一, 山野紀彦, 朱牟田善治：非製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推計, 自然災害科学, Vol.24, No3, pp.247-255, 2005.
- 10) 梶谷義雄, 多々納裕一, 山野紀彦, 朱牟田善治：製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推計, 自然災害科学, Vol.23, No4, pp.553-564, 2005.
- 11) 松尾由香里：経営戦略としての事業継続マネジメントの必要性, UNISYS TECHNOLOGY REVIEW, 第 86 号, pp.32-49, 2005.8.
- 12) N.Nojima, M. Sugito : Probabilistic assessment model for post-earthquake serviceability of utility lifelines and practical application, The 9th International Conference on Structural Safety and Reliability, Rome, pp.276-283, 2005.6.
- 13) 東京都産業労働局 東京都中央労政事務所：中小企業の賃金事情(平成 13 年度版), 2001.12.

(2007.4.6受付)

DESIGN MAKING PROCESS AND MEASURES FOR CONSTRUCTION BUSINESS CONTINUTY AFTER EARTHQUAKES

Yasuko KUWATA, Shiro TAKADA and Hirokazu YASUI

Several guidelines of business continuity plan are recently published in order to encourage private companies not to interrupt important business after a disasters or restore it as soon as possible. This study addresses the model of decision making process for a construction business continuity targeting a construction site during an earthquake by the beisian network analysis. The value in terms of the time on safety basis is assessed under the several seismic intensity. For the measures of construction business continuity, the preparedness of emergency response manual and cooperative companies network are turned to be very effective throught the analysis.