

# 実データに基づく道路事業工程に沿ったリスク分析\*

## Risk Analysis along Road Project Process Based on Real Data \*

佐藤有希也\*\*・宮本和明\*\*\*・北詰恵一\*\*\*\*・小谷一仁\*\*\*\*\*

By Yukiya SATO\*\*・Kazuaki MIYAMOTO\*\*\*・Keiichi KITAZUME \*\*\*\*・Kazuhiro KOTANI\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

道路事業を始めとする我が国の社会資本整備において、計画段階から建設段階を経て供用後の維持・管理段階までのライフサイクル全般にわたる様々なリスクを明示的に考慮した事業計画は見受けられない。特に、計画段階から建設段階には、用地買収の難航や様々な外部要因からの設計変更などの多くのリスクがあり、それらが事業期間や事業費用に及ぼす影響も大きいものがあるため、これらを明示した取り扱いが求められる。もちろん、事業現場では、経験に基づいたリスク回避策や軽減策がとられているが、今後の逼迫した財政状況や社会環境の複雑さを考えれば、より総合的かつ効率的なリスク対応が求められていることも事実である。

しかし、現状では、そのような対応の基礎となる実際のリスクデータそのものが無い状況である。さらに、そのリスクデータをひとつの事業工程に沿って得ようとする、多くの事業がその途中であつたり、終了した事業の過去に遡って調査することが困難であつたりする問題があるため、リスクデータの取得が現実的ではない。

このような背景から、本研究では、道路事業を対象として、アンケートによって得られる全国の国道工事事務所における最近の事業のさまざまな事業段階におけるリスク情報をもとに、想定した典型的な道路事業の工程に各事業段階の情報を積み上げていくことによって、工程に沿った基礎的なリスク影

\*キーワード：リスク定量化，モンテカルロシミュレーション

\*\* 正員，情報修，株式会社 長大 マネジメント事業部  
(東京都中央区日本橋蛸殻町1-20-4)

TEL03-3639-3321, FAX03-3639-6805

\*\*\*フェロー，工博，武蔵工業大学環境情報学部環境情報学科

\*\*\*\*正員，博士(工学)，関西大学工学部都市環境工学科

\*\*\*\*\*学生員，東北大学大学院工学研究科

響分析を実施する。その結果を見ることによって、リスクデータの取得が、総合的、効率的なリスク対応に大きな意味があることを示すことを目的とする。

### 2. 工程におけるリスクの捉え方

リスクに関して、1つの決まった定義というものではなく、何をリスクとして捉えるかは、その主体によって異なる。本研究では、まず、事業の目標を計画事業費、計画事業期間での事業達成と考え、当初計画していた事業費、事業期間の変更を余儀なくさせる事象をリスクと定義する。さらに、そのリスクを3要素に分けて捉える。まず、実際に事業費、事業期間に影響を与える事象を「イベント」、次に、イベントを発生させる原因や潜在的原因を「要因」、そして、イベントによって事業に与えられる結果を「影響」とし、これらの3要素が図-1のように連鎖しているものとしてリスクを把握する。ある要因によって一定の確率を持ってイベントが発生し、それにより何らかの影響が確率的に生じる。このような3要素の複雑な連鎖を正確に把握することによって、道路事業におけるリスクを適切に捉えることが可能になる<sup>1), 2)</sup>。

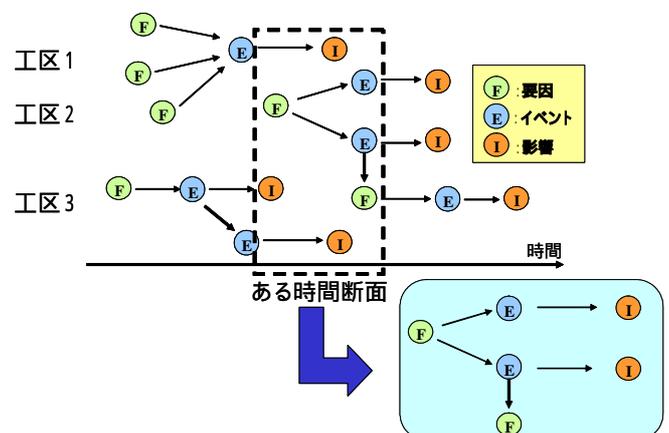


図 - 1 リスク構造

なお、本来は、ひとつの事業の当初から時系列を追って長期にわたってリスクデータを捕捉すべきであるが、前節でも述べたように、現段階で実際のデータを得ようとする、数年以上以前の過去の情報に遡らなくてはならず、正確に知ることは困難である。ここでは、図 - 1 に示すように、最近の工区のような工程段階の中から、これらの要因 - イベント - 影響の関係を抽出し、それを一般化した形で、全体の工程を構築して分析することとする。

### 3. 使用データ

本研究で使用するデータは、全国の国道工事事務所に対してアンケートを実施し、所轄の事業のうち、国道バイパス事業における以下の情報を取得した。情報はすべて事業認可工区単位で取得し、回収率が73%、142工区のデータを得ることができた。事業情報の内容は、

- a) 事業費，計画(事業化時点での概数)と実績
- b) 事業期間，計画(事業化時点での概数)と実績
- c) 対応に苦慮したイベントの種類，その要因と規模および影響，対応策

の3点である。特に、c)に関しては、できるだけ有効な情報を得るために、3要素のうち一般に最も把握が容易な「イベント」を中心にその要因と影響について回答する形式とした。

### 4. 道路事業におけるリスクの実態と分析

#### (1) 道路事業におけるリスクの実態

本来は、要因 イベント 影響の組合せを1つのリスクとして捉えるべきであるが、データ数が不十分であったため、どのような要因や影響と組み合わせになっているかにかかわらずイベントごとに捉えることにする。ここでは、表 - 1 に示す建設段階のイベントを、その影響の大小と発生確率の大小によって図 - 2 に示すようなマトリックスに整理した<sup>3)</sup>。例えば、「用地交渉の難航( - 1)」リスクは、その影響も発生確率も高く、道路事業を考える上で特に注目すべきリスクであることがわかる。一方で、「社会状況の変化( - 3)」リスクは、いずれもそれほど大きくない。

表 - 1 イベント内容 (建設段階)

イベント	事業段階	イベント内容
1	測量・設計	ルート変更による作業のやり直し
2		構造変更による作業のやり直し
1	設計協議	環境対策に関する協議
2		ルート・構造に関する地元協議
3		関係機関との調整
4		新たな開発計画に関する協議
5		自然環境に関する協議
6		埋蔵文化財に関する協議
1	用地買収	用地交渉の難航
2		予算措置の変化
3		社会状況の変化
1	工事	周辺地域への対応
2		予期せぬ地質条件変化への対応
3		地下埋設物への対応
4		近隣構造物への対応
5		事故への対応
6		自然災害への対応
7		関係機関への対応
8		予算措置変更への対応
9		法令等変更への対応
10		社会状況の変化

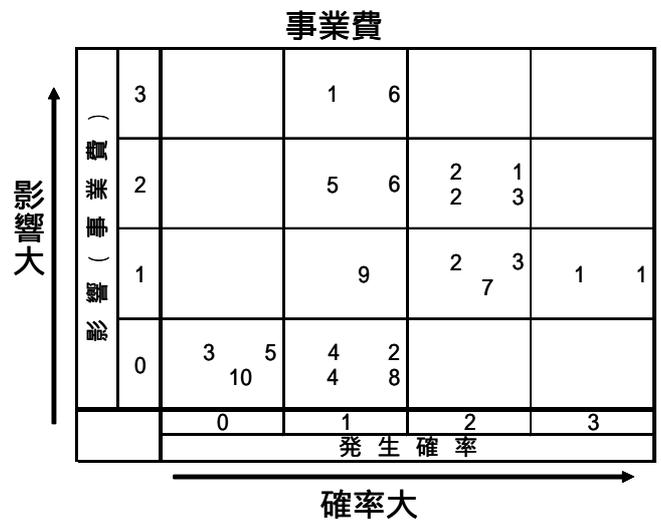
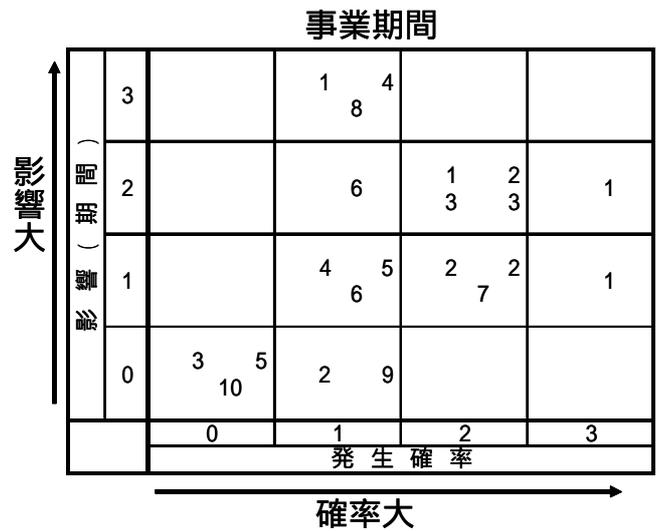


図 - 2 リスクマトリックス

(2) 分布の設定

各リスクの発生確率に基づく分布を設定する。各イベントへの記入件数、つまり発生件数を、対象とする全工区数で除すことによってそのイベントの発生確率とする。そして、各イベントの影響の平均と標準偏差を算出し、その確率分布に最も適した分布形をあてはめる。各リスクの分析結果の一部として、一番代表的なリスクである「用地交渉の難航（1）」の影響の分布形を図-3に示す。発生確率は58%、影響の平均は0.57年、標準偏差は2.40年となった。また、例えば、「構造変更による作業のやり直し（-2）」に示すように、そのほかのリスクに対しても分布型を得ることができ、一様分布、ガンベル分布、指数分布などが、あてはめられた。

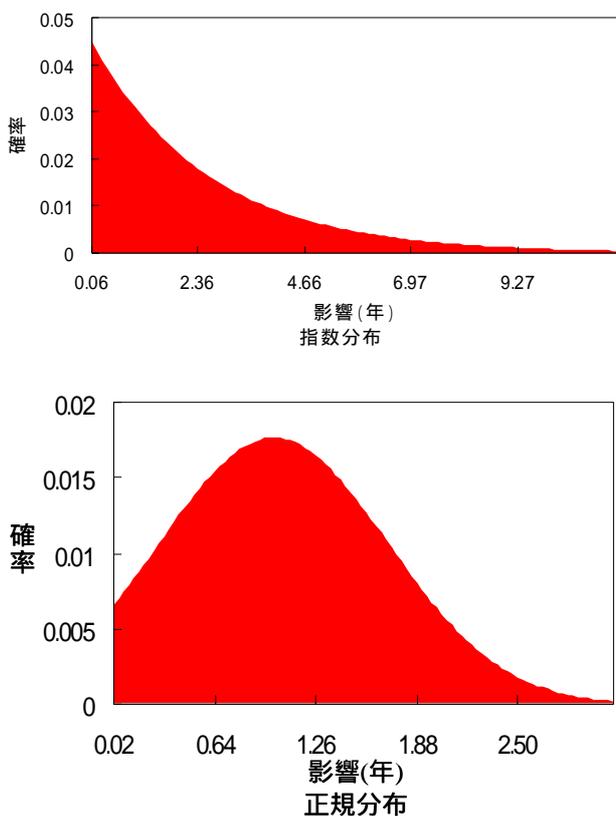


図 - 3 影響の確率分布

### (3) 工程に沿ったリスク分析

図-4に示すような典型的な事業工程を想定し、(2)で得られた各リスクの分布型をあてはめて、事業工程に沿ってどのような影響を及ぼすかをケーススタディとして分析した。

各事業段階のリスクを考慮しない計画期間を設定し、各事業段階に起こりうるリスクを各工程に割

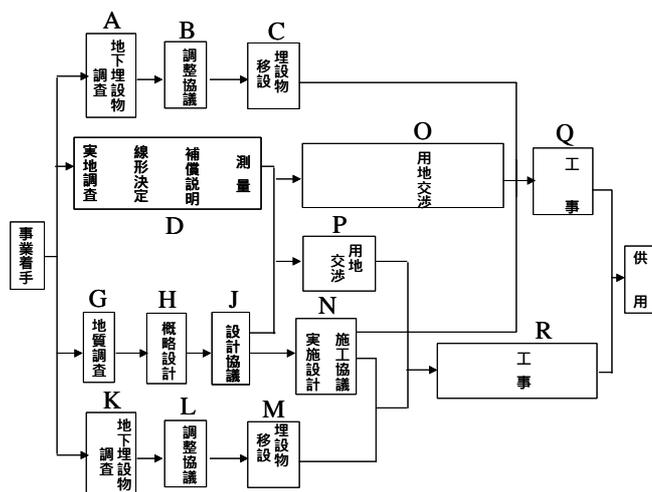


図 - 4 事業の流れ

り振る。測量設計段階リスクはH、設計協議段階リスクはJ、用地買収段階リスクはO,P、工事段階リスクはQ,Rに割り振る。ただし、6はB,L、3はC,Mとする。そして、工程計画を援用し、モンテカルロシミュレーションによって、リスクを考慮した場合の総事業期間の定量化を行った。

シミュレーションにおけるある1回の試行時の日程計算表を表-2に示す。シミュレーション結果から、事業が計画期間10.5年以内で行える確率は、8.3%で、80%の確率で21年以内に終わられること、また、工程によっては、クリティカルパスになる確率が変化することなどの結果を得ることができた。

表 - 2 工程計画日程計算表

作業	先行作業	作業期間	最早開始	最早終了	最遅開始	最遅終了	余裕
A	-	0.2	0	0.20	9.87	10.07	9.87
B	A	0.20	0.20	0.40	10.07	10.27	9.87
C	B	1.18	0.40	1.58	10.27	11.45	9.87
D	-	1.00	0.00	1.00	1.50	2.50	1.50
G	-	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
H	G	1.50	0.50	2.00	0.50	2.00	0.00
J	H	0.50	2.00	2.50	2.00	2.50	0.00
K	-	0.20	0.00	0.20	9.05	9.25	9.05
L	K	0.20	0.20	0.40	9.25	9.45	9.05
M	L	1.00	0.40	1.40	9.45	10.45	9.05
N	J	1.20	2.50	3.70	9.25	10.45	6.75
O	D,J	7.89	2.50	10.39	3.56	11.45	1.06
P	D,J	7.95	2.50	10.45	2.50	10.45	0.00
Q	C,O,N	3.00	10.39	13.39	11.45	14.45	1.06
R	M,N,P	4.00	10.45	14.45	10.45	14.45	0.00

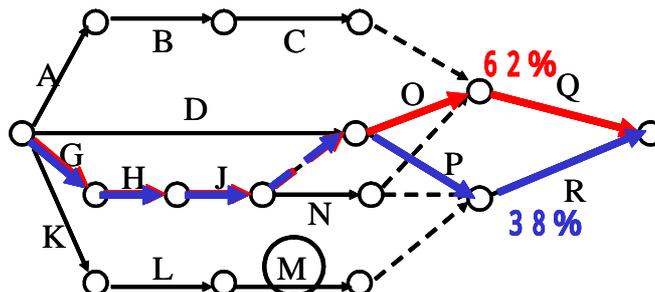


図 - 5 クリティカルパス

## 5. まとめ

本研究では、実際に道路事業に携わる国道事務所へのアンケートによる実データを用いて、道路事業が直面するリスクの実態とそれに基づく工程に沿ったリスク分析を行った。

その結果、

- 1) リスクをその要因とイベントと影響の連鎖として捉え、その中で観察の容易なイベントをベースに、リスクマトリックスを用いて、実態を整理した。イベントによっては、その影響も大きく、かつ発生確率の高いものがあり、道路事業を進めていく中で、特に注意を要するリスクがあることがわかった。このリスクマトリックスによる整理に基づいて、リスクマネジメントを行えば、効率的なマネジメントが行える可能性が伺える。
- 2) 工程計画に沿って個別のリスクを整理し、各リスクの分布形を実データより設定した。それぞれのリスクは、その分布形が必ずしも同じではなく、一様分布、正規分布、指数分布、ガンベル分布などの多様性があり、これらをふまえたリスク分析の必要性を示唆している。
- 3) 得られたリスクの分布形を使って、モンテカルロシミュレーションを適用することにより、工程計画に沿ったリスク定量化がある程度可能になった。これによって、期間延長や費用超過を事前に確率的に知ることができるとともに、クリティカルパスの状況や変動を知ることができる。

なお、実データを用いたリスク分析を進めるにあたって、次のような課題を指摘することができる。

まず、リスクを捉える分析単位の問題である。道路事業のようにネットワーク全体で互いに関連しているものの場合、本来は、ネットワーク全体に対するリスク分析が必要である。しかし、一方では、各道路事業は、なんらかの区間に対して行われており、個別区間の状況に基づくリスクも存在する。仮に、今回の分析のように工区単位でデータを捉えたとしても、それは、工区内の多様な状況を反映していないと同時に、他の工区からの影響を過小に評価して

しまっている可能性がある。

また、事業段階の把握も決して容易ではない。連続して行われる道路事業では、事業開始時点すら明確ではない。測量設計、設計協議、用地買収、工事の各段階が、重なり合いながら進められることもあり得る。これらが連続して行われる場合と重なり合いながら行われる場合でリスクの状況が異なるかもしれない。

さらに、今回は、工事段階までを分析対象としたが、例えば、需要予測リスクや環境対策リスクなど、供用して後に発生する重要なリスクが存在する。分析からはずした理由は、アンケートで十分な回答数が得られなかったためであるが、このことから見ても、供用段階でのリスクの明確な把握と再認識の重要性を示唆しているとも言える。今後、いわゆる建設事業が終了し、供用段階に入ったもののリスク管理についても、情報収集とリスク分析を進めることが求められる。

しかし、これらの問題点があるにもかかわらず、道路事業工程に沿った実際のデータによるリスク研究が、総合的・効率的なマネジメントに対して、多くの示唆を与えてくれることを示すことができたと考えている。むしろ、本研究をきっかけとして、多くのリスクデータを取得できるシステムを確立し、それに基づく定量的なリスク分析と事業マネジメントが進められることを期待してやまない。

なお、本論文の内容は、土木学会が国土交通省より受託した「道路関係PFI事業のリスクに関する分析」の成果の一部をとりまとめたものである。

## 参考文献

- 1) 宮本和明・佐藤有希也・北詰恵一・小谷一仁：道路事業におけるその実態とリスク分析，第29回土木計画学研究発表会，CD-ROM，2004。
- 2) 小谷一仁・佐藤有希也・宮本和明：実データに基づく因果関係を考慮した道路事業リスク定量化分析，平成15年東北支部技術研究発表会講演概要集，2004。
- 3) Highways Agency: Value for Money Manual, HMSO, 1996.
- 4) デビッド・ヴォー・ズ：入門リスク分析（長谷川専・堤盛人共訳），勁草書房，2003。