

道路事業における各リスクの分布形の推定と定量化

(株)地域未来研究所	正会員	○前田雅人
姫路市	正会員	江本英昭
関西大学	正会員	北詰恵一

1. はじめに

道路は、一般に建設事業期間が長期にわたり、供用後も半永久的に利用され、維持管理・更新され続ける。道路事業は、ライフサイクルを通じて、さまざまな社会環境変化や自然環境による影響を受け、多くのリスクに直面する。このため、リスクの明確な認識、影響の軽減、回避策等の実行など、適切なリスクマネジメントを実行することが求められる。より精緻なリスクマネジメントを行うためにはリスクを定量化することが不可欠であるが、日本の道路事業において詳細なリスクデータの収集や体系的なリスクマネジメントは行われているとは言い難い。小谷ら¹⁾は、アンケートによって収集した実データをもとに、因果関係を考慮した道路事業リスク定量化分析を試みた。本研究はこれを踏襲し、より多くのサンプルデータを収集した上で、各リスクの分布形の推定等、より信頼性の高い定量化分析を行った。

2. 英国道路庁におけるリスク定量化

英国道路庁(Highway Agency:以下 HA)は、VFMの算定に関するガイドラインとして VALUE FOR MONEY MANUAL²⁾を発行しており、その中では、道路PFI事業に起こりうるリスクのマネジメント方法が、非常に詳細かつ実践的に述べられている。HAは、リスクを「過去の情報や現在の知識から定量化できる不確実性」と定義し、リスク分析の目的を、その不確実性を評価分析し、影響を低減するための方法を決定することで「総コストを削減すること」、「総コストの確実性を高めること」としている。

英国のPFI事業では、リスクワークショップという関係主体が一同に会したミーティングにおいて、リスクに関するさまざまな合意がなされる。その際、クレーム情報をベースとした実際のリスクデータの蓄積を用いて定量化されたリスクを資料として議論

が進められる。しかし、現実には、それほど精緻なリスクデータではなく、経験情報も含めた概数的なリスクデータをもとに行っている。また、用いられている手法も、決して先進的なものではない。

3. 日本の道路事業におけるリスクの実態

本研究ではリスクを「要因」、「イベント」、「影響」の3要素で構成されるものと定義する³⁾。今回使用したデータは、国土交通省道路局により平成15、16年度に実施されたアンケート調査によるもので、主な調査項目は以下の3つである。

- 1) 事業費、計画（事業化時点での概数）と実績
- 2) 事業期間、計画（事業化時点での概数）と実績
- 3) 平成13年以降現在までににおける対応に苦慮したイベントの種類、その要因と規模及び影響、対応策

本来、可能であればリスクデータの取得単位は、調査・設計から供用という事業のライフサイクル全体とすべきであるが、現状では体系的なリスクデータ取得・保存が行われていないため、データ取得が比較的容易な工区単位とした。また、事業段階を、測量設計・設計協議・用地買収・工事の4段階、およびその後の供用段階とした。アンケートの詳細については参考文献3)を参照されたい。事業費、事業期間の計画と実績を集計した結果、平均全体事業費超過率(実績事業費用/計画全体事業費)は162%、事業化から供用開始の平均遅延年数は3.5年と大きな値となっている。

複数のリスクは互いに関連しあっており、例えば、同時に発生した場合の影響は、単独で発生した場合よりも大きい可能性がある。そこで、リスクの同時性に関して集計を行った。表1に顕著であったイベント、影響の差異を示す。特に、環境対策に関する協議(-1)とルート・構造に関する協議(-2)のケー

キーワード：リスク定量化、PFI、モンテカルロシミュレーション

連絡先：大阪府吹田市山手町 3-3-35、電話/FAX:06-6368-0892、E-mail:kitazume@ipcku.kansai-u.ac.jp

スでは、-2の発生による費用への影響は単独発生の場合1.0%、同時発生の場合3.6%となっておりイベント間に相乗効果が存在することが分かる。

表1 同時性による影響

イベント	イベント内容	発生	作業期間延長(年)			事業費超過率(%)		
			平均	最大値	最小値	平均	最大値	最小値
-1	環境対策に関する協議	単独	2.3	8.0	0.0	3.2%	20.5%	0.0%
		同時	2.5	8.0	0.0	4.4%	20.5%	0.0%
-2	ルート・構造に関する協議	単独	1.5	10.0	0.0	1.0%	16.0%	-5.4%
		同時	1.5	8.0	0.0	3.6%	16.0%	0.0%
-1	周辺地域への対応	単独	0.7	8.0	0.0	1.2%	27.8%	0.0%
		同時	0.5	3.0	0.0	1.9%	27.8%	0.0%
-7	関係機関への対応	単独	0.5	2.0	0.0	0.6%	12.2%	0.0%
		同時	0.5	2.0	0.0	0.3%	2.5%	0.0%

4. リスク定量化分析

まず、定量化分析に必要な各イベントの発生確率を求める。各イベントの発生件数/平成16年度に実施中の対象全工区数をそのイベントの発生確率とする。次に、各リスクの影響の分布形を、アンダーソンダーリング検定統計量を用いて推定する。特に、前述の同時性をモデル化するため、単独発生と同時発生の場合を分けてそれぞれに分布形を当てはめている。アンケートによる十分な数の実データをもとにしていることから、従来、定性的にしか判断できなかったリスクの影響の分布形の適合性を統計的な情報により判断することができた。その結果のうち、建設段階におけるものを表2に示す。多くの分布形が、ガンマ分布あるいは極値分布として推計された。

表2 イベント内容と分布形（建設段階）

段階	イベント	イベント内容	分布形		A-D 検定統計量
測量設計	-1	ルート変更による作業のやり直し	ガンマ分布	尺度:7.45 形状:0.30	1.10
	-2	構造変更による作業のやり直し	ガンマ分布	尺度:2.14 形状:0.33	5.76
設計協議	-1	環境対策に関する協議	ガンマ分布	尺度:6.7 形状:0.34	0.99
	-1(-2同時発生)		ガンマ分布	尺度:7.13 形状:0.35	0.73
	-2	ルート・構造に関する地元協議	ガンマ分布	尺度:4.39 形状:0.34	2.69
	-2(-1同時発生)		ワイブル分布	尺度:1.12 形状:0.66	0.73
	-3	関係機関との調整	極値分布	最頻値:0.52 尺度:0.69	1.92
	-6	埋蔵文化財に関する協議	極値分布	最頻値:1.06 尺度:1.14	0.60
用地買収	-1	用地交渉の難航	極値分布	最頻値:1.15 尺度:1.40	6.01
工事	-1	周辺地域への対応	ガンマ分布	尺度:2.53 形状:0.27	5.56
	-1(-7同時発生)		ガンマ分布	尺度:2.07 形状:0.25	3.18
	-2	予期せぬ地質条件変化への対応	ガンマ分布	尺度:1.71 形状:0.39	2.60
	-3	地下埋設物への対応(含:用地協議)	極値分布	最頻値:0.63 尺度:0.75	1.19
	-7	関係機関への対応	極値分布	最頻値:0.28 尺度:0.40	2.77
	-7(-1同時発生)		ロジスティック分布	平均:0.41 尺度:0.30	1.83

これらの分布形をもとに、道路事業のモデルケースを設定し、工程計画を考慮したリスク定量化分析をモンテカルロシミュレーションにより行った。事業のフローは、小谷ら¹⁾の研究にならい設定し、測量設計段階、設計協議段階、用地買収段階、工事段階におけるそれぞれのリスクを、アンケートデータにもとづいてあてはめた。

このような分析から、事業期間や事業費の取りうる値のばらつきを評価できた。またリスクの同時性による影響も分析した。事業費用超過率は同時性考慮なしのモデルでは平均8.5%、標準偏差19.5、同時性考慮ありのモデルではそれぞれ10.6%、25.0となった。

5. まとめ

本研究では、道路事業におけるリスクに関する実データを用いて、リスク定量化分析を行った。このデータは、各道路事務所にアンケートすることによって得られたものであるが、実際には、各事務所が、今後の適切なリスクマネジメントを実施するために、リスクに関するデータを蓄積し、それをもとに定量的な検討を行うことができるようになることを想定したものである。また、リスク間の同時性というような相関関係に基づくリスクの影響の定量化を進めることで、リスクに対する対応策の効果も定量的に知ることができ、適切なリスクマネジメントの実施に向けた有効な情報を得ることができると考えられる。今後は、より現実の道路事業に即したマネジメント手法に求められる情報として精緻化していくことが必要であろう。

なお、本研究は、国土交通省委託調査「道路事業におけるリスクマネジメント検討調査」の成果の一部である。ここに、記して謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 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概要集，2004
- 2) Highways Agency: Value for Money Manual, HMSO, 1996.
- 3) 土木学会建設マネジメント委員会 PFI 研究小委員会：道路関係 PFI 事業のリスクに関する分析，2004。