

リスクマネジメント研究の課題と展望*

Perspectives of Studies on Risk Management *

小林潔司**

By Kiyoshi KOBAYASHI **

1. はじめに

土木計画学研究委員会内には過去には災害リスク研究小委員会が組織され、一応の研究成果が蓄積されてシンポジウムや専門書の刊行を通して広く情報発信も行われてきた。その後、災害リスク研究の必要性/重要性は一層高まってきた一方、土木計画に関わるリスク事象は災害だけでなく環境、技術、ファイナンス、あるいは制度などほとんど全ての面で広く認識されるようになってきた。リスク事象全般に目を向けて、そのコントロールとファイナンスの技術について根本的な議論を行うべき時期を迎えている。

本セッションでは、リスクマネジメントに興味を持って積極的に研究に取り組んでいる研究者が今後の研究課題について話題提供を行い、この分野の将来を展望する。特に以下の点に焦点を当てることを意図している。

- ①長期的視野でのリスクとそのマネジメント
- ②空間的特性をもつリスクとそのマネジメント
- ③リスクマネジメントとしての制度・契約設計

以上を踏まえて、本セッションでは次のような話題提供が予定されている。

- ・リスクマネジメントの土木計画学的重要性
小林潔司(京都大学)
- ・地域・都市・交通計画問題への数理ファイナンス的アプローチ
赤松隆(東北大学)
- ・リスク下の多段階最適化としてみた土木事業の捉え方
上田孝行(東京大学)
- ・交通ネットワークのサービス水準と交通施設の耐震設計
多々納裕一(京都大学)

- ・インフラのリスクマネジメントの制度設計
横松宗太(鳥取大学)
福本潤也(東京大学)
大西正光(京都大学)

2. 各話題提供の概要

- (1) リスクマネジメントの土木計画学的重要性
小林潔司

社会の高度化に伴って意思決定に関わるリスクや不確実性が高まり、諸活動における情報収集の重要性が増加している。リスクが存在する世界では、1つの行為に対して複数の結果が対応する。人々は費用をかけて情報を収集し結果に対する期待を形成する。情報は事象の持つ曖昧さやリスクを減少させる効用を持つ。リスクに直面した場合、2種類の行動が可能である。1つは、利用可能な情報に基づいて、不確実な状況に関する確率的信念を形成し、受動的・適応的に意思決定を行う行動である。いま、1つは、意思決定を延期し、不確実性を減少するための情報収集を積極的に実施する行動である。前者に関しては期待効用理論に基づく不確実性の経済学の伝統がある。後者に関してはベイズ確率論に基づく意思決定理論がある。さらに、近年ではリアルオプション理論をはじめとして戦略的意思決定方法に関する研究が蓄積されている。

社会・公共システムのリスクの問題は、通常極めて多くの種類のリスクに直面している。土木計画学が対象とする問題の中には、防災問題のように稀少な集合的リスクを取り扱う問題が少なくない。この場合、期待効用理論のパラドクスの問題に直面する。また、期待被害の最小化という課題とカタストロフ回避の課題を期待効用理論の枠組みの中で解決することが困難で

*キーワード：リスクマネジメント，制度設計，時空間

**正員，工博，京都大学大学院都市社会工学専攻
(京都市左京区吉田本町
TEL075-753-5071, FAX075--753-5073)

あることも指摘されている。今後の研究方向としては、1) 期待効用理論で対処できる問題に対しては問題解決のための研究・実践の蓄積を図るとともに、2) 期待効用理論で対処できない問題に対しては、期待効用理論の分析枠組みの拡張を試みたり、3) リスクの処理に対する社会のコンセンサスを形成する努力が必要となる。

現実の世界では、社会的リスクを解決するためにいくつかの制度が存在している。リスクを解決するための制度が必要かどうかは、1) 不確実性を市場がどこまで処理しうるか、2) 制度によりリスクをどこまで吸収しうるかに依存している。リスクをプールする必要があるが、1) プールへの参加者が少なく大数の法則が成立しない場合、2) 大数の法則が成立してもリスク間に相関があるためリスクを吸収できない場合、公共主体が何らかの政策・手段を講じる必要性が生じる。自然災害のように多くの主体が同時に同一のリスクにさらされる場合には、公共主体によりリスク回避の方策を講じることが不可避となる。

現実には、リスクを吸収できるような完全な制度は存在しない。この時、事前になされた特定の行為が事後的には最初の思惑とは異なった結果を生む可能性がある。また、事前には最適な計画案が事後的には最適でない可能性が存在する。事前・事後における最適計画案に不一致が生じる場合、事後において状況が確定したのちに、事前に決定していた計画内容や契約事項を変更したり、再取引を行おうとするインセンティブが生じる。社会・公共システムのリスクの問題を解決するためには、リスクに関わる事前評価と事後評価の結果の乖離をどのように克服するかが重要な課題となる。事前評価と事後評価を一致させることができるような制度設計が不可能である場合、事後に決定する意思決定領域の存在を認めたような事前の意思決定問題を定式化するという柔軟な対応が必要となる。

社会システムのリスクは自然・技術的な要因の不確実性だけが原因となって生起するのではない。社会システムを構成する人々の情報が完

全でない場合や、人々の間で情報が非対照的に偏在している場合にもリスクが生じる。主体間に情報の非対称性が存在すれば、道徳的危険、逆選抜、自己選抜といった変則的な行動が発生する。この場合、公共主体による政策的な誘導により、望ましい均衡状態を実現することが必要となる。この種の研究は、土木計画学分野では意外なほど研究の蓄積が十分ではなく、社会・公共システムの効率的・効果的な整備・運営を実施するための望ましい制度のあり方について理論的・実践的な研究が不可欠である。

長期的には、社会システムの構造は変動する。中・長期的なリスク分析においては、システムの構造変動が発生するために、定量的な分析が困難となる場合が多い。中・長期的な計画行為は、新しい技術の社会への応用・実践という意味を持っており、計画行為は一種の R&D(研究開発)と考えることができる。すべての R&D 活動が知識・技術の探求に伴う不確実性・リスクを必然的に伴うが、計画行為にも同じような不確実性・リスクが介在する。また、価値観・知識の発展に伴う不確実性が存在する。われわれは将来の価値観・知識の状態を予測することはできないという基本的な不確実性に直面する。一方、技術は一度選択すると社会・経済を不可逆的に変化させる。この意味で、社会経済システムの計画は、長期的には予測不可能性と不可逆性という2つのアポリアに直面するといっても過言ではない。現時点における計画行為は現時点の歴史的状況に拘束されることを意味する。したがって、リスク分析において、新しいシステムの構造や機能を、過去から将来にいたる歴史的状況の中にいかに位置づけるかという困難な課題に対する研究が不可欠となる。

(2) 地域・都市・交通計画問題への数理ファイナンス的アプローチ

赤松隆

ファイナンス分野では、確率過程としての状態表現と確率的制御理論をベースとする動的なリスク管理手法が“金融工学(Financial Engineering)”の名のもとに定着している。広義の土木計画分野においても、このようなアプ

ローチが有効と思われるリスク管理問題は数多く考えられる。そのようなアイデアの一つとして従来からよく知られているのは、リアル・オプション理論である。これは、金融分野での派生証券（オプション）理論を実物投資問題に応用したものであり、不確実性下での実物投資の価値及び投資時期の決定法を与えることができる。最近では、土木計画分野においても、社会基盤整備プロジェクトを念頭に置いた理論の拡張と一般化に関する研究が進められている。また、不動産・土地市場や都市計画に関わる多くの問題は、暗黙裡に経済リスクの管理法が重要なポイントとなっており、数理ファイナンス／金融工学的発想に基づく新たなリスク管理スキームの開発等、今後の新たな技術・研究の展開が可能である。さらに、上記のような“リスク管理問題”と表面上は異なって見えても、本質的には全く同様のアプローチが可能な問題も数多い。例えば、交通流の動的制御問題や多くのロジスティクス問題は、数理的には“一般化相補性システム”として表現でき、（一般化された）リアル・オプション問題と同様の構造を持っている。本発表では、このような数理ファイナンス的アプローチが有効と思われる地域・都市・交通計画に関わる“リスク管理問題”を例示し、今後の重要課題を議論する。

(3) リスク下の多段階最適化としてみた土木事業の捉え方

上田孝行

土木事業におけるリスクは建設段階と供用段階において主に発生し、そこでは自然環境と社会経済環境の両面から様々なリスクが考えられる。しかし、それらのリスクへの備えは、それらの段階に先行する計画・設計段階においてまずは考慮されるべきものである。また、計画・設計段階においても、内容の熟度に応じて考慮されるリスクの精度やそれに関係した費用や便益の精度も異なる。これまでの土木事業においては、計画・設計から建設・供用にいたるまでの一貫性がリスクマネジメントの観点から見るとどのように保持されてきたのかが明確ではない。土木事業をリスク下の多段階のプロセスとして formalize した上で、それをフレームとして各段階の役

割と段階間の相互関係について整理する。特に、スーラによる公理的設計論のアプローチをヒントにして整理を試みる。それにより、社会経済面から機能を決定する計画段階と機構・構造を決定する設計段階においてリスクをどのように考慮すべきかという点について議論を展開したいと考えている。

(4) 交通ネットワークのサービス水準と交通施設の耐震設計

多々納裕一

阪神大震災以降、土木構造物の耐震性能の照査では、レベル1および2の二段階の設計を行うべきであるとされ、設計基準等が整備されてきている。ここで、レベル1地震動とは「供用期間に1～2回発生する確率を持つ地震動」であり、「許容応力度設計などの従来型設計に用いる地震動」である。一方、「レベル2地震動とは構造物の耐震設計に用いる入力地震動で、現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動である」と定義され、終局限界状態を照査するための地震動である。言い換えれば、レベル1で「使用性」に関する上限の地震動を規定し、レベル2で「構造的安定性」を保ちうる最大の地震動が規定されている。

しかしながら、交通ネットワークの提供するサービスとは独立にこれらが決定されると、個々の施設はそれなりに丈夫なものでも、ネットワーク自体は脆弱なものとなってしまうたり、リンクの経済的な重要度に比して割高な投資をしなければならない可能性が高い。コスト縮減等の流れの中では、安全性に対する制約を満たしつつも、交通ネットワークの各リンクが渡すべき機能性に関するサービス水準を合理的に設定し、個々の構造物の設計にフィードバックしていくことが必要とされてきている。この種の検討を可能とするためには、地震工学、構造力学等の研究者と土木計画に携わる研究者が協力して、ネットワークの耐震サービス水準と個別構造物の設計指針とを統合的に連携させる方法を確立しなければならない。本報告では、土木学会におけるこの種の取り組みの現状と今後の方向性に関して報告する。

(5) インフラのリスクマネジメントの制度設計

横松宗太・福本潤也・大西正光

本報告では、インフラのリスクマネジメントをめ

ぐる制度設計問題の特殊性を指摘し、今後の研究課題を展望することを目的とする。制度設計問題に理論的にアプローチするための分析枠組みにプリンシパル＝エージェントモデルがある。プリンシパル＝エージェントモデルは、情報の非対称性や契約の不完備性が存在する場合にいかなる制度を設計すべきかについて有益な知見を与えてくれる分析枠組みである。しかし、インフラの制度設計問題は伝統的なプリンシパル＝エージェントモデルを単純に適用することで対処することが困難であると考えられる。何故なら、インフラが有する、大規模な外部経済性、利用者の不特定性、利用形態の多様性、ネットワーク性、供用期間の長期性などの性質が、インフラの制度設計問題に固有の特殊性を引き起こすからである。将来世代の厚生や選択可能性を規定することにもつながるインフラの長期性が引き起こす、将来に通じる普遍的な機能を如何に選択すべきかといった問題や、将来世代の資源の所有権や誘因整合性条件をどのように記述すればよいかといった観念的な問題が、そうした特殊性の具体例である。本報告では、伝統的なプリンシパル＝エージェントモデルにおけるリスクの取り扱いについて整理した後で、インフラのリスクマネジメントをめぐる制度設計問題を考える上で考慮すべき本質的な要因を指摘し、伝統的モデルの適用や拡張によって対応可能な問題と不可能な問題を整理しながら、新しい枠組みの必要性和今後の方向性を提示することを試みる。「土木計画のリスクマネジメントに何が求められるのか？」という永遠のテーマに対し、3人の若手報告者が竹槍で突入する思いで取り組んでいきたい。

3. おわりに

本セッションは、リスクマネジメントが今後の土木計画学において実務的にもまた学術的にもより重要性を増していくという認識のもとに、今後の研究方向を展望することを意図している。この種の話題に興味を持つ多くの方々にご参集いただいて、実りある議論が展開できれば幸いである。