

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

学位論文題目	海外鉄道建設事業におけるハイブリッドリスク評価手法の構築及びその信頼性向上に関する研究
氏 名	井坂 隆之

日本の成長戦略の一環としてインフラパッケージの輸出が挙げられる。この戦略を実現するためには、日系企業が積極的に海外事業の入札に参入することが不可欠である。近年、現地政府資金事業や円借款事業において日系企業が事業への応札を見送る傾向が見受けられる。海外鉄道建設事業において、工事業者の利益の得喪を決するのは入札・契約条件であると言っても過言ではない。しかし現時点では、入札時点において事業に潜むリスクを適切に判断し、応札すべきか否かを総合的かつ包括的に評価し、判断する有効な手法は十分ではない。かかる現状を鑑み、現在のリスク評価及び応札判断のニーズを特定して、海外鉄道建設事業への応札判断を支援する手法の開発を試みた。

評価という観点で、事業リスクは(1)事業熟練者の経験則による表現や評価が可能なリスク(定性リスク)と(2)確率や数学を用いて表現や評価が可能なリスク(定量リスク)の二つに整理される。しかし、定性リスクの評価にはリスク項目の網羅性や評価結果の妥当性の問題、また定量リスクの評価には設定した項目の変数の時間的变化による誤差により生じる評価結果の信頼性の問題がある。このため、定性評価と定量評価を組み合わせることで双方の評価結果の妥当性や外部要素などの不確実要素の問題等の互いのデメリットを補完できると仮定し、ハイブリッドチェックリスト法の構築を行った。さらに、外部要因の分析手法を活用して網羅性の高いリスク項目を多面的に抽出して定性評価におけるリスク要素の抽出漏れを低減し、更に実データを基に感度分析を行って定性評価にフィードバックして定性評価結果の信頼性を向上させることで定量評価の精度を高める目的で、構築した手法の信頼性向上の研究を行った。

研究の第一段階であるハイブリットリスク評価手法構築の題材には、著者が事業の全ての段階に関わったタイ国空港アクセス鉄道建設事業を適用した。同事業の定性評価では、評価のツールとした定性チェックリストにおいて各リスク項目の程度を数値化した“事業危険度”の総合点評価では及第点で、定性評価結果としては素性の良い事業と判断された。しかし、リスク項目の中には案件を見送ることも検討すべきレベルである致命項目に該当するものがあつた。また、事業危険度を導く要素の一つの要素として設けた“重要度”の数値に対して自組織に起因するリスク項目に大きな比重をかけてものの、実際に発生したリスクの多くが自組織に起因するものではなく、評価結果の妥当性は低かった。一方、同事業は建設用地引渡しの遅れや洪水の影響等により工事完了も開業も遅れたのが実情であるが、モンテカルロシミュレーションによる定量評価では収益性が低い結果となり、妥当な結果が出た。これは、不確実性の高いリスク項目の変数幅を大きく設定して外部影響要素を適切に考慮できていたためと推察できる。本結果から、定性評価の数値入力に改善点はあるものの、定量評価では妥当性の高い結果を得られたと言える。これにより、定性評価の一部を定量評価に統合することで定量評価に存在した”外部要素評価の困難性”“といったデメリットを補完することの有効性が示された。

定性評価におけるリスク項目作成及び数値入力には事業熟練者の経験則に高く依存するが、項目の見落としの可能性も否めず、より多面的にリスクを抽出することで定性評価結果の精度向上が可能と仮説を立てた。また、定量評価結果を基に定性チェックリストを改善することで定性評価の信頼性向上に繋がると考え、事業熟練者の経験以外のリスク抽出法として外部要因の分析手法を用いてリスク要素を抽出することでリスク項目の網羅性を向上させることを試みた。この結果、多面的なリスク要素抽出の結果に沿って外部影響因子を考慮することでリスク項目抽出がより網羅的になることが確認され、外部要因の分析手法によるリスク要素抽出の有効性が示された。

定量評価で扱う変数は事業開始時に想定する仮説を使用した。事業で求められる適切な変数は時間とともに変化するため、過去の実データを活用し、時間で変化する変数を考慮して定量評価の結果の精度を高めることが可能と仮定した。実データによる仮説に対し、実データを取り込んで仮説を更新した結果と非更新の結果を比較し、実データを活用することで想定利益率分布の標準偏差が小さくなり、不確実性が軽減されることが分かった。

本研究の結果、(1) 定性評価と定量評価の統合により互いの手法に存在するデメリットを補完することが可能、(2) 外部要因の分析手法を用いて外部影響因子を考慮することでリスク項目の抽出が網羅的となる、(3) 感度分析により定性評価の数値の妥当性を見直し、入力数値の過小・過大評価を改善して定性評価結果の信頼性が向上される、(4) 実データによる仮説を更新し、逆損益計算の一部要素の変数に適用して要素の変数設定における過小・過大評価の可能性を棄却できる、そして(5) 当初の期待利益率と実データ導入結果の比較により事業の現実の見える化及び不確実性の軽減に有効と判断できる、という結論を得られた。

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

(博士後期課程博士用)

山口大学大学院理工学研究科

報告番号	理工博甲 第 742 号	氏名	井坂 隆之
最終試験担当者		主査	古賀 毅
		審査委員	上西 研
		審査委員	進士正人
		審査委員	岡本和也
		審査委員	大島直樹
【論文題目】			
海外鉄道建設事業におけるハイブリッドリスク評価手法の構築及びその信頼性向上に関する研究			
【論文審査の結果及び最終試験の結果】			
<p>日本の成長戦略の一環として、インフラパッケージの輸出が挙げられる。この戦略を実現するためには、日系企業が積極的に海外事業の入札に参入することが不可欠である。しかし近年、現地政府資金事業や円借款事業において日系企業が事業への応札を見送る傾向が見受けられる。一般的に海外鉄道建設事業の入札・契約段階において、事業に潜むリスクを適切に判断し、応札すべきか否かを総合的かつ包括的に評価することは、事業に対する深い知識・理解が必要であるため、評価者の能力や経験に依存する割合が高く、信頼性の担保が難しいという問題点が指摘される。本論文は、以上の背景に基づき、海外鉄道建設事業におけるリスク（事業リスク）の評価によって、応札判断を支援する手法の開発を行ったものである。</p> <p>内容は、まず第1章で研究の背景と既存研究、事業リスクの定義、研究方法等について述べた上で、以下のように要約される。</p> <p>第2章において、事業リスクは（1）事業熟練者の経験則による表現および評価が可能なリスク（定性リスク）と（2）確率や数学を用いて表現および評価が可能なリスク（定量リスク）の二つに整理されることを示した。定性リスクの評価にはリスク項目の網羅性や評価の信頼性の問題、また定量リスクの評価には設定した項目の変数の時間的な変化による誤差の問題が存在するため、定性評価と定量評価を組み合わせることで互いのデメリットを補完することが可能な、ハイブリッドリスク評価手法の開発を行った。その上で、（3）外部要因の分析手法を活用して事業リスク項目を多面的に抽出することにより網羅性を向上させる手法、および（4）定量的な感度分析結果を定性評価にフィードバックすることで信頼性を向上させる手法、の情報処理手順を示した。</p> <p>第3章において、タイ国の空港アクセス鉄道建設事業に提案手法を適用し、定性評価および定量評価を行った結果、妥当性の高い結果を導き出したことを示した。</p> <p>第4章において、事業熟練者の経験以外のリスク抽出法として、バリューチェーン分析を本研究独自に発展させたクロスチェーン分析、PEST分析、5フォース分析手法を、提案手法に組み込むことにより、多面的なリスク要素抽出の結果に沿って外部影響因子を考慮することで、リスク項目抽出がより網羅的になることが確認され、有効性が示された。</p> <p>第5章において、事業価値を構成する要素変数が時間とともに変化することを考慮して、過去の実データを参照し、経過時間に伴い変化する変数をベイズ統計理論に従って提案手法に対して組み込むことにより、定量評価の結果の信頼性を向上させる手法を提案した。実データを用いた仮説の更新による効果を、実事業例に適用した結果、事業価値の評価結果に対して不確実性が低減されたことを示した。（第5章）</p> <p>第6章において、提案手法の有効性を、以下に示す5項目の結論として示した。</p> <p>（1）定性評価と定量評価の統合により、相互の手法に存在するデメリットを補完することが可能となる</p>			

- (2) 外部影響因子を考慮する分析手法の導入により、リスク要素の抽出における網羅性を向上できる
- (3) 定量感度分析により、事業危険度の過小もしくは過大評価を指摘し改善することで、定性評価の妥当性を再評価し、信頼性を向上できる
- (4) 実データを取り込むことで、逆損益計算図および影響ダイアグラム上の要素の変数設定において、熟練者が入力した仮説を更新することで、信頼性を向上することができる
- (5) 当初想定した事業価値と、リスク要素の網羅性を向上し実データを取り込んだ上で算出した事業価値を比較することによって、事業価値の可視化および事業リスクの低減が可能となる

以上のように、本研究は、海外鉄道建設事業に対する入札支援のための事業リスク評価手法を提案し、更に事業リスク評価の結果に対する信頼性を向上させることができる理論を構築したものである。提案手法を計算機上で実装し、実際の海外鉄道建設事業を対象に事例適用を行い、理論の有効性を数理的に示す等、その独創性は評価できるものであり、今後の当該分野の発展に大いに貢献できるものと判断される。

本審査会第一回では、予備審査会で指摘された不十分な箇所の追加・修正を行うとともに、質問事項に対する明確な回答があった。また、公聴会（本審査第二回）において、提案手法の適用範囲や、定量評価と定性評価を具体的に連携する方法、手法を用いる主体の特性の相違が結果に及ぼす影響等についての質問があったが、これらの質問に対して的確な回答がなされた。

以上より、本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。論文内容及び本審査会、公聴会での質問に対する応答などから総合的に判断し、最終試験を合格とした。

なお、関連論文の発表状況は以下のとおりである。

※査読付き論文（3編）

1. Takayuki ISAKA, Wataru YONEDA and Tsuyoshi KOGA, Proposal on Hybrid Risk Evaluation Method (HREM) for Bidding Decision in International Infrastructure Project, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing (2017.1) (Volume 11 (2017) Issue 5 Pages JAMDSM0063, December 14, 2017).
2. Tsuyoshi Koga, Takao Eguchi, Takayuki Isaka, and Ken Kaminishi, Improving Method of Estimation Accuracy of Value of Product Development based on both of Positive and Negative Data, Malaysian Construction Research Journal (MCRJ) (Special Issue, Volume 1, No.1, 2017, Theme 2).
3. Takayuki ISAKA, Wataru YONEDA, Tsuyoshi KOGA and Ken KAMINISHI, Revising Method of Bidding Decision in International Infrastructure Project Considering Past Contract Data, Malaysian Construction Research Journal (MCRJ) (Special Issue, Volume 1, No.1, 2017, Theme 1).

※査読つき国際会議（1編）および国内会議の会議録（2編）

1. Takayuki Isaka, Wataru Yoneda and Tsuyoshi Koga, Proposal On Hybrid Risk Evaluation Method (Hrem) For Bidding Decision In International Infrastructure Project, Proceedings of the Malaysia Japan Joint International Conference 2015 (MJJIC2015), Paper ID: 1570227324, Nov. 13 - 15, 2015, Yamaguchi University, Ube, Yamaguchi, JAPAN.
2. 井坂 隆之, 米田 涉, 古賀 毅, 国際インフラ事業への応札判断のためのハイブリッドチェックリスト法の提案, 日本機械学会 第25回設計工学・システム部門講演会 講演論文集, Paper ID: 3105, 2015.9.23-25, 信州大学, 長野市.
3. 米田 涉, 井坂 隆之, 古賀 毅, シナリオプランニングを用いた国際インフラ事業のリスク評価法, 日本機械学会第26回設計工学・システム部門講演会 講演論文集, Paper ID: 3201, 2016.10.8-10, 慶応大学, 神奈川県横浜市.