

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 4 月 16 日現在

機関番号：34522

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00354

研究課題名(和文) ベイジアンネットワークによるソフトウェア要求仕様の確率的リスク評価に関する研究

研究課題名(英文) A Study of Probabilistic Risk Evaluation for Software Requirements based on Bayesian Network

研究代表者

持田 信治 (MOCHIDA, Shinji)

流通科学大学・商学部・教授

研究者番号：40412374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的はシステム開発リスクの確率的評価手法確立に向けた研究である。通常、プロジェクト費用は開発工数や難易度に基づいて算出され、要求仕様別の費用は算出されないため、算出された費用は顧客のシステムイメージと乖離しており、後の仕様変更の原因となる。仕様変更は工期遅延と費用超過となる。そこで本研究は仕様項目別に費用を割り付けて、それぞれの仕様分析に基づいた確率的システム開発リスクの評価を試みた。その結果、一般的にプロジェクト費用に加算される10%から20%の予備費に仕様分析に基づいた科学的根拠を与えた。加えて、確率的モデルによりシステム開発リスクは要求仕様の精度に左右されることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通常、プロジェクトの予算には、不確実要因に起因するリスク対応予備費として、当初費用の10%から20%の費用を確保する。しかしこの予備費の割合に科学的根拠を考える研究はこれまでにない。そこで本研究はプロジェクト中の不確実要因をプロジェクトマネージャーとプログラマーのスキル、そして見積もりと要求仕様の精度と考え、次にプロジェクト中の不可実要因を確率的モデルで表現して、要因の信頼度とリスクの関係を求めた。その結果、プロジェクト費用に加算される10%から20%の予備費に仕様分析に基づいた科学的根拠を与えた、更に本研究はプロジェクトリスクが要求仕様によって左右されることを科学的に示した。

研究成果の概要(英文)：This research aim to get an evaluation method for evaluating system development risk. In general, project costs are calculated based on development man-hours and difficulty. Then costs are not calculated based on requirements. Therefore, the calculated costs doesn't meet value that a customer expected. Specification changes will cause delays and cost overruns. Then this study tried to build an evaluating system with a probabilistic method and linguistic specification analysis for specification of each requirement. As a result, it was cleared a contingency of 10% to 20% of total cost is needed in project usually. In addition, the probabilistic model showed that system development risk depends on the accuracy of required specifications.

研究分野：計算機科学

キーワード：ベイジアンネットワーク システム開発プロジェクト プロジェクトマネジメント ベイジアン推定
システム開発プロジェクト 要求書分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

通常、システム開発プロジェクトの予算には予備費として当初費用の10%から20%の費用を確保する。予備費は不確実要因に起因するリスク対応費である。しかしプロジェクト費用の低減要求に従い、予備費の削減が求められている。しかし予備費を確保する理由に科学的根拠を与えた研究はこれまでになく、費用削減の攻め方が明確ではなかった。一方、プロジェクト費用は開発工数や難易度に基づいて算出されており、要求仕様別の費用は算出されないため、算出された費用は顧客のシステムイメージと乖離しており、後の仕様変更の原因となる。仕様変更は工期遅延と費用超過となる。そこで、要求仕様に基づくリスク分析手法が求められていた。

2. 研究の目的

本研究の目的はシステム開発プロジェクトのリスクとプロジェクト中の不確実要因を表現する確率的モデルの構築と、プロジェクトリスクの確率的評価手法確立に向けた調査研究である。本研究ではプロジェクトリスクとはプロジェクトの遅延リスクとする。プロジェクトの遅延は費用増となり、金銭的な対策費を必要とする。プロジェクトには不確実な要因に起因するリスクが存在する。具体的なリスクとしては顧客からの要求仕様の精度がある。要求仕様の精度とは要求仕様中の曖昧性に基づく、仕様変更の可能性であり、仕様変更は工期遅延と費用超過リスクとなる。そこで、本研究はプロジェクトリスクとプロジェクト中の不確実要因との関係をベイジアンネットワークによる確率的モデルによる表現を行う。そして確率的モデルによるプロジェクトリスク評価方法の可能性を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究の目的は確率的モデルによるプロジェクトリスク評価方法の可能性を明らかにすることであり、具体的な手順は以下の通りである。

- (1) システム開発のリスク度合いは各要求仕様の難易度と記述精度に左右されるため、プロジェクト中の要求仕様の重要性評価方法を検討する。そこで各要求仕様の重み付けのためにコストシェアレートを提案する。コストシコストシェアレートとはある要求仕様実現に必要な費用が開発費用全体に占める費用割合のことであり、コストシェアレートは要求仕様の重要性を反映する。そして本研究ではコストシコストシェアレートの自動算出に向けて自然言語処理による手法を検討する。
- (2) プロジェクト中の不確実要因とプロジェクトリスクの関係をインフルエンスダイアグラムに表現する。そしてインフルエンスダイアグラムで表現した、不確実要因とプロジェクトリスクの関係をベイジアンネットワークによる確率的モデルによる表現に展開する。ベイジアンネットワークでは各不確実要因とプロジェクトリスクの関係は条件付き確率テーブルで表現される。
- (3) プロジェクト中の不確実要因とプロジェクトリスクの関係を可視化するツールの構築を行う。ツールは(2)で構築したベイジアンネットワークを使用する。次に、ツールにより得たプロジェクトリス値とプロジェクトマネージャーからヒアリングしたプロジェクトリス値を比較する。加えて、ツールにより得たプロジェクトリス値値と一般的なプロジェクト予備費を比較する。
- (4) ツールから算出したプロジェクトリス値の有効性を検証して、本研究が提案したプロジェクトリスクの確率的評価方法の有効性と今後の可能性を明らかにする。

4. 研究成果

4.1 要求仕様の精度とプロジェクトリスク

本研究の目的はシステム開発リスクの確率的評価手法確立に向けた研究である。通常、プロジェクト費用は開発工数や難易度に基づいて算出され、要求仕様別の費用は算出されないため、算出された費用は顧客のシステムイメージと乖離しており、後の仕様変更の原因となる。仕様変更は工期遅延と費用超過となる。そこで、本研究はコストシェアレートを使用して要求仕様別のリスク分析手法を提案した。コストシコストシェアレートとはある要求仕様実現に必要な費用が開発費用全体に占める費用割合のことであり、コストシェアレートの大きさはリスクの大きさを示す。そこで、まず3人のプロジェクトマネージャーから要求仕様の分類と分類別のリス値をヒアリングした。そしてあるプロジェクトの要求仕様に対してヒアリング値によるコストシェアレート分析を行った。図1に分析結果を示す。図1中のReq2は基本機能に関するものであり、Req13は画面関連の要求仕様であり、コストシェアレートの大きさと要求仕様の重要性が一致した。加えて図1のリス値を含むコストシェアレートは当初費用の約1.2倍となっており、実際の最終費用に近い(参照)。本結果から要求仕様分類からプロジェクトリスクを予測することが可能であることが明らかになった。仕様分類は設計、開発、試験、打ち合わせ、インストール、書類作成である。

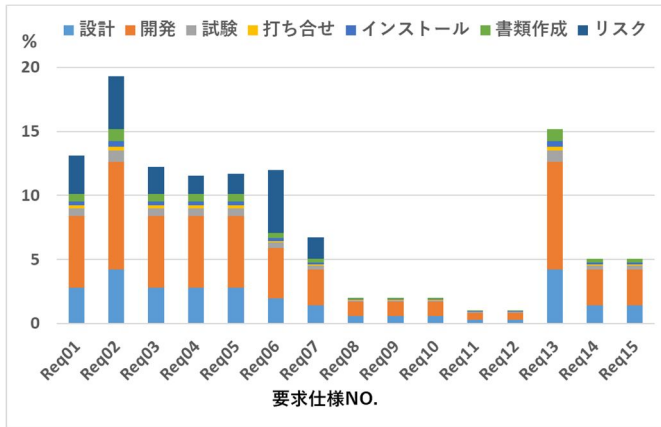


図1 要求仕様のコストシェアレート表示

次に本研究はコストシェアレートの自動計算を試みた。具体的にはプロジェクトの要求仕様に対して自然言語解析を行い、特徴値の抽出を行い、抽出した特徴値を回帰分析することによりコストシェアレートを算出した。図2に、あるプロジェクトの要求仕様から算出したコストシェアレートとスタッフから得た値の比較を示す。図2からコストシェアレートの自動計算の可能性が示された。そして結果を論文としてまとめた(参照)。

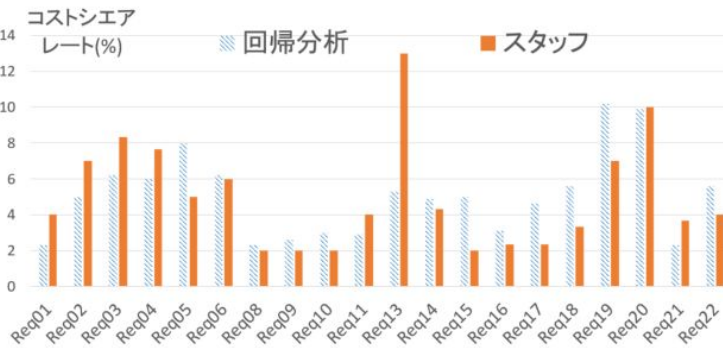
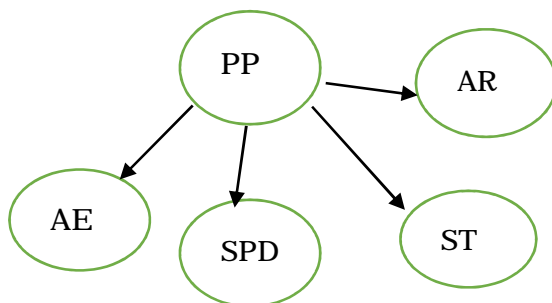


図2 自動算出のコストシェアレート値とスタッフからのヒアリング値の比較

4.2 要求仕様の精度とプロジェクトリスク

次に本研究はプロジェクト中の不確実要因とプロジェクト遅延の関係のモデル化を行った。図3にプロジェクト中の不確実要因のインフルエンスダイアグラム表示を示す、そして図3中の要因の説明を表1に示す。不確実要因は顧客からの要求仕様と見積もりの曖昧さ、プロジェクトに従事するプロジェクトマネージャーやプログラマーのスキルである。そして図3のインフルエンスダイアグラムをベイジアンネットワークにて表現した。ベイジアンネットワークは要素間の関係を条件付き確率で表現する。表2に条件付き確率テーブルの一部を示す。テーブルに示す確率は5人のプロジェクトマネージャーからのヒアリング値である。表2の値はプロジェクトが遅延する確率とプロジェクトマネージャーのスキルとの関係を示す。

表1 要素の内容



要素	名称
AE	見積精度
SPM	プロマネのスキル
STP	プログラマーのスキル
AR	要求仕様の精度
PPD	プロジェクトリスク (プロジェクト遅延確)

図3 プロジェクト中の不確実要因のインフルエンスダイアグラム表示

表2 条件付き確率テーブル

プログラマーのスキルに関する条件確率				
STP:プログラマーのスキル				
プロジェクト状態	Low	Standard	High	Sum
遅延	0.6	0.3	0.1	1.0
計画通り	0.1	0.3	0.6	1.0

4.3 プロジェクトリスクの算出

本研究はプロジェクトリスク可視ツールを構築して、ベイジアンネットワークにエビデンスを与えて、プロジェクトリスクの算出を行った。エビデンスとはプロジェクト環境を観測して得た、各不確実要因の状況である。エビデンスのデータ形式は Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) と同一形式である (参照)。表3にツールに与えたエビデンスのパターン (Case1, Case2) と算出したプロジェクトリスクを示す。

表3 エビデンスのパターン

要素	名称	Case1	Case2
AE	見積精度	Standard	Standard
SPM	プログラマーのスキル	Standard	Standard
STP	プログラマーのスキル	High	High
AR	要求仕様の精度	Low	Standard
PPD	プロジェクトリスク(Pro+)	0.26	0.125
	(プロジェクト遅延確率)		

4.4 プロジェクトリスクの確率的評価

本研究の目的はプロジェクトリスクの確率的評価手法確立に向けた調査研究である。表4は過去のあるプロジェクト費用とリスク予測と実費用のコストシェアレート表示である。表4は Case1, Case2 の違い、つまり要求仕様の精度により費用が 10%増しから 20%増しになること示しており、これは実プロジェクトの費用に近い。実際、本件では要求仕様の精度が低く、仕様の変更と追加が多発したため費用は 20%増となった。従って、要求仕様を言語解析してコストシェアレートを自動算出して、次にプロジェクト中の不確実要因の状況を観測することができればリスク対応費込みのプロジェクト費用を高精度で自動算出できる可能性が高いことを示した。

表4 コストシェアレート表示したプロジェクトリスク

要求仕様NO	分野	A:コストシェアレート(%)	B:リスク(Case1)	C:リスク(Case2)	費用予測*(1+B)	費用予測 A*(1+C)	実費用
1	計画	6.4	0.125	0.26	7.18	8.06	10.6
2	主設計	10.6	0.125	0.26	11.97	13.44	10.6
3	製作	2.1	0.125	0.26	2.39	2.69	2.1
4	設計	4.3	0.125	0.26	4.79	5.37	8.5
5	製作	2.1	0.125	0.26	2.39	2.69	2.1
6	製作	12.8	0.125	0.26	14.36	16.12	17.0
7	設計	6.4	0.125	0.26	7.18	8.06	8.5
8	設計	21.3	0.125	0.26	23.94	26.87	12.8
9	設計	12.8	0.125	0.26	14.36	16.12	25.5
10	その他	12.8	0.125	0.26	14.36	16.12	17.0
11	製作	8.5	0.125	0.26	9.57	10.75	12.77
		100.00			112.50	126.31	127.7

4.5 まとめ

本研究では確実なプロジェクトマネジメントの実現を目指して、プロジェクトの確率的リスク評価方法を提案した。プロジェクトには顧客が提示する要求仕様の曖昧さ、やスタッフのスキル等の不確実要因があり、プロジェクトリスクを左右する。そこで本研究はプロジェクトリスクを含む費用予測を行うためにコストシェアレートとベイジアンネットワークを用いたプロジェクトリスク可視化ツールを開発した。そして幾つかのプロジェクト環境におけるプロジェクトリスクを予測した。図4に本ツールの表示例を示す。その結果、プロジェクトリスク可視化ツールの予測結果は現場のプロジェクトマネージャーからのヒアリングや実際のプロジェクトの実行状況に合うことが示され、本手法の有効性が示された。具体的には、通常、システム開発プロジェクトで確保する当初費用の 10%から 20%の予備費用に科学的な根拠を与えた、そして結果を論文としてまとめた (参照)。今後、本ツールを発展させることにより、プロジェクトリスクの可視化が可能となり、要求仕様の精度向上と確実なプロジェクトマネジメントが期待できる。

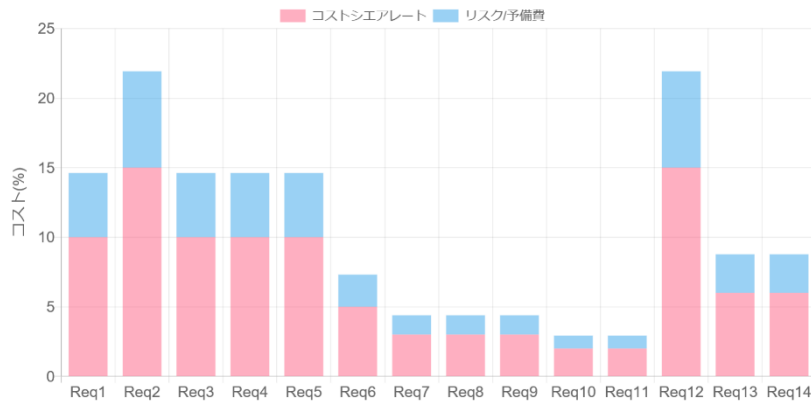


図4 費用とリスクのコストシェアレート表示

<参考文献>

A Study of Project Cost Management Based on Requirements Analysis, Shinji Mochida, James Righter, Joshua D. Summers, International Journal of BMFSA Vol. 21, No. 1, pp.21-27, 2016

A Study of probabilistic risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation, Mochida Shinji, International Journal of BMFSA Vol. 24, No. 1, pp19-27,2019

見えないものをさぐる, 藤田一弥, オーム社, 2015

システム開発プロジェクトリスクの確率的評価に関する研究, 持田 信治, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 Vol.22, No.1 採録予定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 1
2. 論文標題 Research on Probabilistic Risk Evaluation of Business System Development Project Based on Requirements Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 35th International Conference on Mathematical Methods in Economics Conference Proceedings Czech Software First, Ltd	6. 最初と最後の頁 485-479
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 -
2. 論文標題 Proposal of Probabilistic risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 20th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty University of Ostrava, Dvorakova	6. 最初と最後の頁 99-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 -
2. 論文標題 Proposal of probability risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 11th Workshop on Uncertainty Processing(WUPES ' 18)	6. 最初と最後の頁 117-131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 24
2. 論文標題 A Study of probabilistic risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of BMFSA Vol. 24	6. 最初と最後の頁 19-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 -
2. 論文標題 Proposal of probability risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 22th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making	6. 最初と最後の頁 103-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Mochida	4. 巻 Session2-4
2. 論文標題 26th ISTE International Conference on Transdisciplinary Engineering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 https://drive.google.com/drive/folders/1_pmjIFBSxNk-ShZnbceGMB-r71HyIKMG	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 持田 信治	4. 巻 1
2. 論文標題 システム開発における確率的リスク評価方法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第62回 日本経営システム学会 全国研究発表大会 講演論文集	6. 最初と最後の頁 60-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 持田 信治	4. 巻 22
2. 論文標題 プロジェクトリスクの確率的評価に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 Vol.22	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Proposal of probability risk Evaluation for System Development Project Based on requirements Analysis and Bayesian estimation
3. 学会等名 The 21st CZECH-JAPAN SEMINAR on Data Analysis and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Research on Probabilistic Risk Evaluation of Business System Development Project Based on Requirements Analysis
3. 学会等名 35th International Conference on Mathematical Methods in Economics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Proposal of Probabilistic risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis
3. 学会等名 20th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Proposal of probability risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation
3. 学会等名 11th Workshop on Uncertainty (WUPES '18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 持田 信治
2. 発表標題 システム開発における確率的リスク評価方法
3. 学会等名 第62回 日本経営システム学会 全国研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Study of probabilistic risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian Estimation
3. 学会等名 6th ISTE International Conference on Transdisciplinary Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji Mochida
2. 発表標題 Proposal of probability risk Evaluation for System Development Project Based on Requirements Analysis and Bayesian estimation
3. 学会等名 22nd Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuo Hiekata, Mst. Taskia Khatun, Marc-Andre Chavy-Macdonal
2. 発表標題 System Dynamics Modeling for Change Management Strategy of Software Project
3. 学会等名 人工知能学会 第37回知識・技術・技能の伝承支援研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

流通科学大学 商学部 経営学科 持田研究室紹介
https://www.umds.ac.jp/academics/profile/index_ma/mochida/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	磯貝 恭史 (ISOGAI Takafumi) (00109860)	流通科学大学・商学部・教授 (34522)	2017年度末で退職に伴い2018年度以降は参加せず
研究分担者	満行 泰河 (MITSUYUKI Taiga) (40741335)	横浜国立大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12701)	2019年度に東京大学から横浜国立大学に移動
研究分担者	稗方 和夫 (HIEKATA Kazuo) (80396770)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授 (12601)	