

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：32408

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350455

研究課題名(和文) 超上流プロジェクトマネジメント技術に関する研究

研究課題名(英文) A study of management technologies in the early project stages

研究代表者

石井 信明 (Ishii, Nobuaki)

文教大学・情報学部・教授

研究者番号：40406426

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、プロジェクトを成功に導くことを目的に、超上流段階において質の高いプロジェクト計画を効率的に立案する手法と、超上流段階の反復業務を管理する手法の研究開発を行った。

その結果、限られた人的・時間的資源の下で期待利益を最大化するプロジェクト受注戦略、および、そのための入札価格決定方法を開発した。また、超上流段階の業務であるプロジェクト見積業務のシミュレーションモデルを作成し、見積り業務の管理手法を検討した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we carried out research and development regarding the methods that make high quality project plans efficiently and also the methods that control repetitive activities in the very early stage of the project in order to bring the project to a successful conclusion.

As the results, we developed the order acceptance strategy and the bid price decision algorithms that maximize the expected profits from the projects under the condition of limited man-hours. In addition, we built a simulation model of project cost estimation activities carried out in the very early stage of the project, then study the methods to control the cost estimation activities by using the model.

研究分野：経営工学

キーワード：プロジェクトマネジメント 超上流工程 競争入札 コスト見積 EPCランプサム契約 受注戦略 受注  
産業 リスクマネジメント

### 1. 研究開始当初の背景

生産システム、エネルギーシステム、環境システム、情報通信システムなど、大規模システムの構築はプロジェクト型業務として推進され、それらの効率的な遂行のためにプロジェクトマネジメント技術が広く用いられている。しかしながらこれらのプロジェクトでは、しばしば納期遅延、予算超過、品質問題が生じ、人々の安心・安全を損ないかねないトラブル事例が相次いでいる。すなわちプロジェクト遂行のトラブルを解決する手法を探求することは、社会的に有意義かつ重要であると言える。

プロジェクトの失敗の多くは、プロジェクト立ち上げより前のプロジェクト超上流段階で作成するプロジェクト計画の不備に要因があるといわれる。たとえば、プロジェクト費用・スケジュール見積りの失敗、請負企業選定の失敗などである。特に請負契約が一般的な大規模プロジェクトでは、超上流段階で決定するプロジェクト計画が遂行段階の管理指標となり、プロジェクトの成否に大きく影響する。さらに、超上流段階は反復プロセスにより行われることが多く、質の高いプロジェクト計画を効率的に生み出すためのマネジメント技術にも課題がある。しかし現在のところ、これらに関わるプロジェクトマネジメント技術は、主にプロジェクト立ち上げ以降のプロジェクト遂行段階を対象とした技術であり、超上流段階には適用が困難である。超上流段階においては、要求仕様化プロセスに工学的アプローチで取り組む要求工学などの分野で研究が進んでいるが、その多くは要求獲得、要求対立への対応などの研究であり、超上流段階におけるプロジェクト計画の立案、および、マネジメント技術までを含めた研究は少ない。

プロジェクト超上流段階の要求仕様化の研究と遂行段階のマネジメント技術を融合する研究として、申請者は、超上流段階の不確実な情報に基づくプロジェクト費用計画手法、反復による要求獲得プロセスの特性を考慮したプロジェクトマネジメント手法などの研究を進めてきた。

社会基盤構築をはじめとする大規模プロジェクトを成功に導くには、これら研究開発の成果を踏まえ、図1に示すように、要求工学など超上流段階の要求仕様化の研究と遂行段階の効率化を対象としたプロジェクトマネジメント研究の成果を融合した、超上流プロジェクトマネジメント技術の研究開発が必要である。

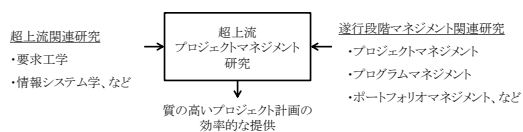


図1 超上流プロジェクトマネジメント技術に関する研究開発の概要

### 2. 研究の目的

本研究では、プロジェクトを成功に導くために、超上流段階において質の高いプロジェクト計画を効率的に立案する手法と管理技術の研究開発を目的とする。すなわち、要求工学などプロジェクト超上流段階における要求仕様化の研究と、主に遂行段階の効率化を対象としたプロジェクトマネジメント研究の成果を融合した超上流プロジェクトマネジメント研究として、図2に示すように、①超上流段階におけるプロジェクト計画立案手法、②超上流段階の進捗管理手法の研究開発を行う。

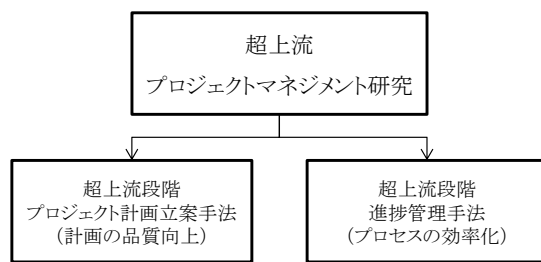


図2 研究テーマと目的

### 3. 研究の方法

本研究では、超上流プロジェクトマネジメント研究を、課題①「超上流段階におけるプロジェクト計画立案手法」、課題②「超上流段階の進捗管理手法」、の2つの研究テーマに分け、3年にわたり研究を実施する。

研究方法は数理的アプローチを基本とし、超上流プロジェクトマネジメントの問題構造の分析、必要なマネジメント手法の検討、数理モデルの作成、各種シミュレーションによる手法の有効性検証の手順で研究開発を行う。研究体制としては、経営学、経営工学、情報システム学、オペレーションズ・リサーチ系の研究者・大学院生などを主体として従来から継続的に活動を行っている研究会を拡大し研究を遂行する。

研究の成果については、シミュレーション実験および実務家によるレビューにより有効性の評価を行う。

#### 課題① 超上流段階におけるプロジェクト計画立案手法

プロジェクト遂行段階の管理指標となるプロジェクトの品質、費用、納期などの要件は、超上流段階における要求仕様などの情報に基づき決定される。プロジェクトの成功には、管理指標を高い精度で定める必要がある。超上流段階に多くの人的・時間的資源(リソース)を投入し、情報の精度を高める必要がある。しかし図3に示すように、プロジェクト遂行にもこれらの資源が必要であり、期待する成果を効率的に達成するには、バランスの取れた資源配分を実現するマネジメント技術が必要である。

そこで本研究では、はじめに、超上流段階

の要求仕様を含む情報の不確実性を前提としたプロジェクト計画の要件およびプロジェクト管理指標のあり方を明らかにする。すなわち、これまでの研究成果などを拡張し、超上流段階への資源投入量による費用見積りおよびスケジュール計画の精度と、利益などのプロジェクト成果との関係について、数理モデルを用いた基礎的な研究を行う。

さらに、作成した数理モデルを利用し、費用、スケジュールに関する超上流プロジェクト計画立案手法として、(1) 要求仕様の不確実情報に基づく入札価格の適正化手法、(2) 資源制約を考慮した超上流多期間プロジェクト計画手法の研究を進める。

これら手法の有効性は、各種シミュレーション実験による結果の分析、および、実務家によるレビューにより評価を行う。研究に使用するデータ、対象モデルは、これまでのフィールド調査から得たものに加え、追加調査により補強する。

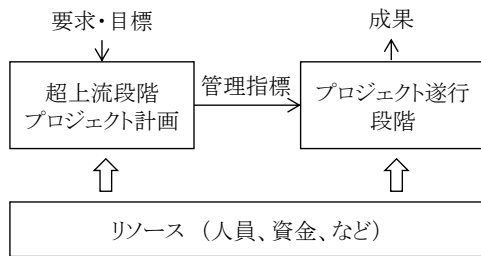


図3 超上流段階における資源(リソース)の配分

課題② 超上流段階の進捗管理手法

本研究では、図4の右側に示すアクティビティにより、超上流段階が進行するものと考えられる。アクティビティの多くは、ユーザー、技術者、経営者など、超上流段階に関わる人的要素への依存が大きい創造的なアクティビティであり、超上流段階の進捗管理では、人的要素の状況に着目する必要がある。

そこで本研究では、申請者らによる超上流段階のアクティビティにおける人的要素間のコミュニケーション量に基づくプロジェクトマネジメント手法などの研究を拡張し、図4に示すように、進捗管理の評価指標、進捗計画、差異分析、コントロールからなる超上流段階の進捗管理のフレームワークの有効性を、シミュレーションモデルを用いて詳細に検討する。

すなわち、超上流段階の要求獲得・分析・仕様化・検証・評価の反復プロセスによる要求仕様化の収束状況を、仕様化対象に対応する人的要素間のコミュニケーション量の変化としてシミュレーションモデルに記述する。その上で、人的要素の投入量、投入スケジュール、要求仕様化の収束スピードなどをパラメータとした様々なシナリオによるシミュレーション実験により、各アクティビティにおける人的要素間のコミュニケーション量の変化の特徴を明らかにする。さらに実

験結果から、効果的な進捗管理のための評価指標と進捗計画項目の抽出、計画との差異分析とコントロール方法を検討する。

さらに、進捗管理のフレームワークに基づき、(1) 超上流プロジェクト進捗計画立案手法、(2) 差異分析と進捗のコントロール手法、の2点の研究開発を行う。これらの研究では、これまでのプロジェクトスケジューリング研究、プロジェクトコントロール研究などの成果を活用する。

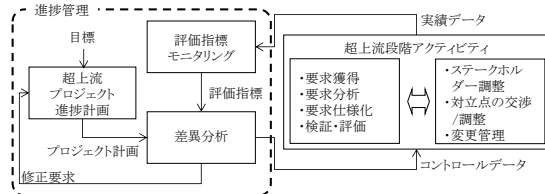


図4 進捗管理のフレームワーク

4. 研究成果

課題① 超上流段階におけるプロジェクト計画立案手法

超上流段階におけるプロジェクト計画立案手法として、本研究では、超上流工程の要求仕様を含む情報の不確実性を前提としたプロジェクト計画の要件、特に、超上流段階におけるプロジェクト選定と見積りを取り上げた。すなわち、図5に示す、見積り・受注・プロジェクト遂行のプロセスに基づき、(1) 利益最大化受注戦略、(2) 多期間受注問題、(3) 入札価格決定問題について研究を行った。なお、研究を進めるにあたり、建設、エンジニアリング、情報システム開発など、個別受注産業を主な研究対象とした。

研究の主な内容と成果を、以下に示す。

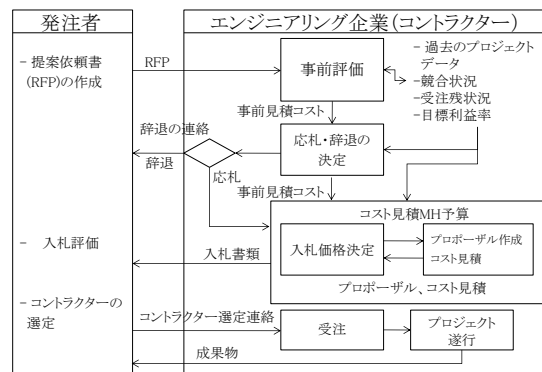


図5 見積り・受注・プロジェクト遂行の一般的なプロセス (エンジニアリング企業の例)

(1) 利益最大化受注戦略

利益最大化受注戦略では、下記の条件を考慮した「見積り・受注・プロジェクト遂行」の数理モデルを作成した。

- ・見積案件の見積精度は、見積業務への人的資源投入量に比例する
- ・見積案件の期待利益は、見積精度に比例する
- ・受注量が増加すると、受注したプロジェクト遂行に人的資源が必要となり、見積りに投入出来る資源が減少する

これらの条件から作成した数理モデルを利用し、シミュレーション実験と分析により、以下の知見を得た。

- ・人的資源制約を越えて過大にプロジェクトを受注すると、その後の見積業務に要する人的資源が不足し見積精度が低下する。通常、費用を低く見積もった場合ほど受注の可能性が高まるため、見積精度が低いことは、その後の利益減少につながる。
- ・見積業務と受注プロジェクトへの資源配分の意思決定が、個別受注企業の業績に長期的な影響を与えることになる。
- ・見積精度を決めることになる見積業務と受注プロジェクトへの資源配分の均衡条件を考慮した受注戦略が、持続可能な経営の要と言える。

これらの研究成果は、雑誌論文①、③、⑥、⑦、⑩、学会発表②、③にて公表した。また、実務家との議論（学会発表⑤）により、本研究の成果について一定の評価を頂いた。

なお今後の展望として、競合企業の見積・受注・プロジェクト遂行の状況などの外部環境を広範囲に考慮した研究の進展により、より実践的な受注戦略への発展が期待出来る。

## (2) 多期間受注問題

多期間受注問題では、費用見積りとプロジェクト遂行に要する人的・時間的資源に着目した競争入札戦略の研究の拡張を行った。すなわち、超上流工程における見積業務が多期間に渡り複数の見積り案件に対応することを考慮し、費用見積業務に対する資源配分問題を扱った。期待利益を表す関数に対して区分線形近似を施すことで、資源配分問題を混合整数線形計画モデルとして定式化し、計算実験を通して提案モデルの有効性を検証した。

また、動的な競争入札戦略の研究について、これまでの研究では見積りの不確実性が入札額に与える影響が考慮されていないことに着目した。すなわち受注の成否と利用可能な見積資源の条件から、入札価格に反映する利幅を動的に決定する確率動的計画モデルを提案し、期待利益の増加と利益変動リスクの低減を同時に実現できることを示した。

これらの研究成果は、雑誌論文②、⑨にて公表した。

## (3) 入札価格決定問題

入札価格決定問題では、費用見積りに要する人的資源制約を考慮し、期待利益の増加と不採算プロジェクト受注リスクの低減を達成する入札価格の決定方法を研究した。すなわち、複数の見積り案件への費用見積業務への人的資源配分方法と、不採算プロジェクト受注リスクを制約とし期待利益を最大化する入札価格の利幅決定方法を提案した。

これらの研究成果は、人的資源配分と利幅の決定を2段階で行う方法と、これらを同時に行う方法を示した。

これらの研究成果は、雑誌論文⑤、⑦、⑩学会発表①、⑩、⑪にて公表した。

なお研究の今後の展望として、入札価格決定の際に実務で利用するアプリケーション開発への発展が期待出来る。

## 課題② 超上流段階の進捗管理手法

超上流段階の進捗管理手法では、超上流段階の業務が一定のプロセスを反復しながら進行することに着目し、反復業務において質の高い成果物を効率的に生み出すためのマネジメント技術について、研究を行った。

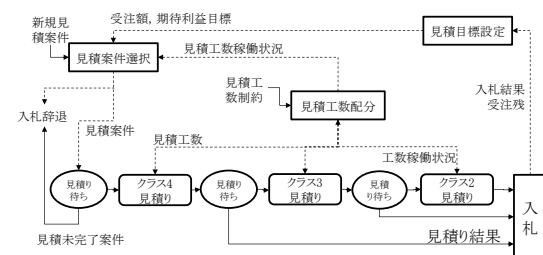
すなわち、進捗管理の評価指標、進捗計画、差異分析、コントロールからなる進捗管理のフレームワークに基づき、超上流段階の反復業務に関するシミュレーションモデルの設計を行った。さらに、業務の過程で変化するコミュニケーション量に視点を当てたマネジメント手法を検討した。

さらに、超上流段階の業務として見積業務を取り上げ、人的・時間的資源の投入に従い見積精度の向上と期待利益が上昇することを考慮した数理モデル（図6）を作成し、離散系シミュレータを用いて実装した。

さらに、超上流段階において設備能力の決定に使用するシミュレーションツールとして、医薬品製造を想定した設備計画用ツールの開発を行った。

これらの研究成果は、雑誌論文⑧、学会発表④、⑥、⑦、⑧、⑨、図書①にて公表した。

なお研究の今後の展望として、見積業務に限らず、超上流工程全般のモデル化と管理手法開発への発展が期待出来る。



- pp. 78-81 (2013)
- ② Takano, Y., Ishii, N., and Muraki, M., A sequential competitive bidding strategy considering inaccurate cost estimates, OMEGA, The International Journal of Management Science, 査読有, Vol. 42, No. 1, pp. 132-140 (2014), doi:10.1016/j.omega.2013.04.004
  - ③ Ishii, N., Takano, Y., and Muraki, M., An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering-Procurement-Construction projects, International Journal of Project Management, 査読有, Vol. 32, pp. 519-528, (2014), doi: 10.1016/j.ijproman.2013.07.009
  - ④ 石井信明, 情報システム開発と見積り、情報システム学会誌, Vol. 10, No. 1, pp. 1 (2014), URL: <http://www.issj.net/journal/jissj/index.html>
  - ⑤ Ishii, N., Takano, Y., and Muraki, M., A heuristic bidding price decision algorithm based on cost estimation accuracy under limited engineering man-hours in EPC projects, Advanced in Intelligent Systems and Computing, 招待論文, Vol. 319, pp.101-118, Springer-Verlag (2015), doi: 10.1007/978-3-319-11457-6\_7
  - ⑥ 石井信明, 供給能力と受注の最適化問題、オペレーションズ・リサーチ, Vol. 60, No. 7, pp. 380-385 (2015), URL: <http://www.orsj.or.jp/e-library/elcorsj60.html>
  - ⑦ 高野祐一, 競争入札戦略と決定理論モデル、オペレーションズ・リサーチ, Vol. 60, No. 7, pp. 369-373 (2015), URL: <http://www.orsj.or.jp/e-library/elcorsj60.html>
  - ⑧ 石井信明, 創造のプロセスとマネジメント、ロジスティクス・ビジネス, 14, pp. 100-103 (2015)
  - ⑨ Takano, Y., Ishii, N., and Muraki, M., Multi-period resource allocation for estimating project costs in competitive bidding, Central European Journal of Operations Research, 査読有, In Press, doi: 10.1007/s10100-016-0438-7
  - ⑩ Ishii, N., Takano, Y., and Muraki, M., A revised algorithm for competitive bidding price decision under limited engineering man-hours in EPC projects, Oukan, Journal of Transdisciplinary Federation of Science and Technology, 査読有, Vol. 10, No. 1, pp. 47-56 (2016), URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/trafst/10/1/10\\_47/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/trafst/10/1/10_47/_article)
- [学会発表] (計 12 件)
- ① Ishii, N., Takano, Y., and Muraki, M., A two-step bidding price decision algorithm under limited man-hours in EPC projects," Proceedings of the 3rd International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, 査読有, pp. 393-403, Iceland (2013).
  - ② 石井信明, エンジニアリング企業の需給管理、国際ロジスティクス学会 (SOLE) 日本支部フォーラム、招待講演、東京 (2013)
  - ③ 石井信明, ものづくりにおけるリスク/コスト・ベネフィットのバランス、日本リスク研究学会、招待講演、中央大学 (2013)
  - ④ 石井信明, 大場允晶、松井正之、プログラムマネジメントへのマトリックスアプローチの適用について、第 5 回横幹連合コンファレンス、香川大学 (2013)
  - ⑤ 石井信明, 需要変動下における受注戦略のマネジメント ～受注ビジネスを例に～、スケジューリング学会、プロジェクト&プログラム・アナリシス研究会、招待講演、慶應義塾大学 (2014)
  - ⑥ 石井信明, 超上流プロジェクトマネジメントについて、国際ロジスティクス学会 (SOLE) 日本支部フォーラム、招待講演、東京 (2014)
  - ⑦ 石井信明, プログラムマネジメント用マトリックスモデル、第 5 回横幹連合シンポジウム、東京大学 (2014)
  - ⑧ 石井信明, 高野祐一、村木正昭、プロジェクト見積業務の動的スケジューリング問題、スケジューリング・シンポジウム 2015 講演論文集、スケジューリング・シンポジウム 2015 講演論文集, pp. 119-124 (2015)
  - ⑨ 石井信明, プログラムマネジメント用マトリックスモデルの開発、第 6 回横幹連合コンファレンス、名古屋工業大学 (2015)
  - ⑩ 高野祐一, 石井信明, 村木正昭、競争入札における見積作業への資源配分と入札利幅の適化、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2016 年春季研究発表会、慶應義塾大学 (2016)
  - ⑪ 高野祐一, 石井信明, 村木正昭、費用見積のための資源配分を考慮した競争入札戦略、情報処理学会第 78 回全国大会、慶應義塾大学 (2016)
  - ⑫ 石井信明, システム提案型ビジネスにおける成功と落とし穴、計量計測機器と新技術融合に係わる研究会、「システムソリューションと計量計測」講演会、招待講演、東京 (2016)
- [図書] (計 1 件)
- ① Ishii, N. and Togashi, T. (Eds.: Lin, Yi-Kuei, Tsao, Yu-Chung, Lin, Shi Woei), A capacity planning method for the demand-to-supply management in the pharmaceutical industry, Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013, pp. 181-188, Springer doi:10.1007/978-981-4451-98-7\_22 (2013).

[その他]  
ホームページ等  
<http://open.shonan.bunkyo.ac.jp/~ishii/new/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石井 信明 (ISHII, Nobuaki)  
文教大学・情報学部・教授  
研究者番号： 40406426

### (2) 研究分担者

高野 祐一 (TAKANO, Yuichi)  
専修大学・ネットワーク情報学部・准教授  
研究者番号： 40602959