

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04208

研究課題名(和文)リアルオプション分析を用いた船舶設計の意思決定の高度化に関する研究

研究課題名(英文) Decision Support for Ship Design with Real Options Analysis

研究代表者

稗方 和夫 (Hiekata, Kazuo)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：80396770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：船舶設計の意思決定において、リアルオプション分析により不確実な将来の原油価格や運賃の変動を考慮することが船舶の資産価値を高めることができるか検討した。具体的には、船舶の燃費等の性能をシミュレートするモデルと市場の予測モデルを組み合わせて船舶運行の収支を求めるモデルを開発し、主機・プロペラ・船型といった性能に大きな影響を与える項目の設計オプションについてライフサイクルの正味現在価値(Net Present Value)を求めることで評価を行う方法を開発した。さらに、開発したモデルにより省エネ付加物や船殻の改修による設計船速の変更等による船舶の資産価値への影響を定量的に評価できることを示した。

研究成果の概要(英文)：In ship building, the design decisions are driven by technological performance such as fuel oil consumption rate and maximum speed at given design conditions. However, the fluctuations of shipping market will change conditions of operations and ships have to be in service at inefficient non-optimal conditions, such as different service speed or different design draft. We developed simulation models for fuel oil consumption rate through ship life cycle and for calculation of profit of shipping company with market fluctuations, then apply Real Option Analysis to explore flexibility of ships in operations. The life cycle value of ships are obtained as Net Present Value with these models and we evaluated the value of flexibility such as changeability of optimal speed or of hull shape modification to fit to actual operational profiles.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：意思決定 リアルオプション システム設計 船舶設計

### 1. 研究開始当初の背景

船舶に要求される主な仕様を決定した後、主要目、主機、プロペラ、船型といった設計項目を燃料消費量等の目的関数を最適化するように求める研究は数多くなされている。経済性の評価にはライフサイクルを通じた単位貨物当たりのコスト (RFR: Required Freight Rate) などが利用されているが、原油価格や運賃を静的に仮定しておりライフサイクルを通じた市場の動的な変化を考慮してはいない。本課題は、航海速力に代表される船舶の運航条件に原油価格や運賃といった時間の経過とともに変動する要素をシステムのスコープに含めると、技術システムとしての最適化を目指した設計案が最大の経済価値を生むことは保証されないことに注目した。海運の実例としては、原油価格が高騰している現在では多くの船舶が減速運航を行っており、プロペラや省エネ付加物の換装などにより技術システムの特性を変化させ、外部の経済変動に対応する取り組みが行われていることに対応する。

船舶に限らず、社会や経済からの不確実性の大きな影響を受ける建物や社会インフラ等は、設計時の前提条件で最適化するよりもライフサイクル全体で起こりうる環境の変化に対応できるフレキシビリティと、想定を大きく超える環境においてもシステムの最小限の機能を維持し、早期に復旧するレジリエンスを備えることが期待されている。このような複雑なシステムの設計や運用は学術分野として確立されておらず、実務者の経験に頼るところが大きい。一方で、その重要性や難しさは一般に認識されており、MITをはじめ世界トップレベルの大学において体系的に取り扱うための取り組みがなされている。このような広範なスコープを持ったシステムはソシオテクニカルシステムとも呼ばれ、技術・社会・経済のすべての要素を考慮して設計を検討する必要がある。

船舶というシステムや造船業について考えると、海上公試等の造船会社と海運会社の引き渡しの性能確認手続き等の制限から、船舶の設計は現在でも単一あるいは限られた条件を前提とした最適化により行わざるを得ない。本課題では、経済状況の不確実性への対応というところまで船舶というシステムの設計の前提条件を広げることで、ライフサイクルを通じた船舶の資産価値の向上を検討したい。

ソシオテクニカルシステムの意思決定に関する研究としては de Neufville らのグループが数多く取り組み、リアルオプション分析と高度なシミュレーション技術を意思決定に応用する方法論を構築している。本課題ではこの de Neufville らの方法論を拡張して、船舶設計における意思決定の高度化を目指す。de Neufville らの方法論を船舶設計に適用するために、原油価格と運賃といった海上物流を考える上での外生変数の変動幅をシ

ミュレーションにより予測する海上物流市場予測モデル、定義された主要目と運航条件においてどのような性能を発揮するのか詳細に再現する船舶性能モデル、運航による売上や燃料費・港湾使用料等のコスト計算を行う海上物流収支計算モデルの3つのモデルを、海運のシミュレーションや運航による収支の計算モデルはこれまでの研究成果を利用して開発する。この3つのモデルの組み合わせたモンテカルロシミュレーションにより船舶設計における設計案の経済性評価を行い、設計案をリアルオプションとしてその経済価値を算定する手法を提案する。提案手法によりプロペラや省エネ付加物等の換装による航海速力の変更に対応できる改修オプションを含むような新しいコンセプトで設計した船舶の経済性評価を行う。

### 2. 研究の目的

船舶設計の意思決定において、リアルオプション分析(ROA)により不確実な将来の原油価格や運賃の変動を考慮することが船舶の資産価値を高めることができるか検討する。具体的には、船舶の燃費等の性能をシミュレートするモデルと市場の予測モデルを組み合わせることで船舶運行の収支を求めるモデルを開発し、主機・プロペラ・船型といった性能に大きな影響を与えうる項目の設計オプションについてライフサイクルの正味現在価値(Net Present Value)を求めることで評価する。さらに、開発したモデルにより省エネ付加物や船殻の改修による設計船速の変更等による船舶の資産価値への影響を定量的に評価できることを示し、船舶の改修容易性など船舶設計に関する新しい技術開発トピックの探索を行う。

### 3. 研究の方法

本課題で提案する手法は、海上物流市場予測モデル、船舶性能モデルおよび海上物流収支計算モデルの3つのモデルにより構成される。この手法により仮に2つの設計案を検討する場合を考える。海上物流市場予測モデルは設計案とは独立に原油価格と運賃を過去の推移を用いて二項モデルで予測するモデルである。得られた原油価格と運賃を用いて、船速を変えながら運航する船舶の詳細な挙動を船舶性能モデルによりシミュレートし、海上物流収支計算モデルから内訳を含めた船舶運航による利益が計算される。海上物流市場予測モデルには確率的な要素が含まれるので、このすべての手順をモンテカルロシミュレーションにより反復計算することで設計案による利益は確率分布として得られる。

本課題では、これらの3モデルによるモンテカルロシミュレーションのシステムの開発を行い、プロペラ決定や主機選定といった設計上の意思決定への適用と、改修が容易になる設計等の経済価値の算出、運航時の資産価値を大きく高める新しい設計技術の探索を行った。

#### 4. 研究成果

本課題では、船舶の設計段階から市場変動に対応するためにリアルオプションを導入した船舶設計案を提案した。ライフサイクル期間内での改修としてエンジンディレーティングやプロペラの換装が容易となるような船舶設計案をあらかじめ設計段階でオプションとして保持し、オプションの保持と行使のための必要な費用を含めることで、市場変動に対応したオプションを持つ船舶設計案を考慮することが可能となる。また、リアルオプションを導入した船舶設計案のライフサイクル全体での価値をNPVによって定量的に評価するための手法を提案した。市場変動に対応して改修オプションを行使するルールを運航シミュレータに組み込むことでリアルオプションを導入した船舶設計案を評価することが可能となる。ケーススタディとして、中東と日本の間を航行するVLCCを想定して、市場の不確実性を考慮した場合にリアルオプションを導入した船舶設計案がどの程度船舶の価値を向上させることができるかを、提案手法を用いて検証した。結果として、適切な改修オプションを保持できればリアルオプションを導入した船舶設計案はリアルオプションを導入しない通常の船舶設計案と比較して価値を向上させることが可能であることが示された

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

1. 稗方和夫, 満行泰河, 上野隆治, 和田良太, Bryan Moser, 海事産業におけるIoT技術導入の意思決定支援に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 25, pp.175-182, 2017年, 査読あり
2. 稗方和夫, 満行泰河, モーザーブライアン, 大和裕幸, 齋藤智輝, 和中真之介, リアルオプションを導入した船舶のライフサイクル価値向上に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 23, pp.231-237, 2016年, 査読あり

[学会発表](計 9 件)

1. 稗方和夫, 満行泰河, 伊藤航大, 海上交通シミュレータを用いた自律船のコンセプト設計手法の提案, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第25号, pp.701-704, 広島国際会議場, 2017.11
2. K Hiekata, T Mitsuyuki, R Ueno, R Wada, B Moser, A Study on Decision Support Methodology for Evaluating IOT Technologies Using Systems Approach, Proc.of International Conference on Computer Applications in Shipbuilding2017, pp.7-15, ICCAS2017, Singapore, 2017.9

3. 稗方和夫, 満行泰河, 上野隆治, 和田良太, 船舶運航シミュレータを用いた海事産業へのIoT技術導入評価に関する研究, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-030-03, , しいのき迎賓館(石川県金沢市), 2017.3
4. 稗方和夫, 満行泰河, 上野隆治, 和中真之介, 船舶運航モデルのモジュール化による運航シミュレーションを用いた船舶新技術の価値評価に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第23号, pp.537-538, 岡山コンベンションセンター(岡山市北区), 2016.11
5. 稗方和夫, 満行泰河, 上野隆治, 運航船舶のメンテナンスルール変更を考慮した船舶性能モニタリング技術の経済価値定量化に関する研究, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-029-03, , 慶應義塾大学 日吉キャンパス 来往舎, 2016.11
6. 稗方和夫, 満行泰河, 大和裕幸, 齋藤智輝, リアルオプション分析による実海域影響および市場変動リスクを考慮した船舶の価値評価手法に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第21号, pp.601-602, 東京大学生産技術研究所, 2015.11
7. K Hiekata, T Mitsuyuki, H Yamato, T Saito, Ship Life Cycle Value Maximization with Flexible Design for Retrofit and Modification, Proc.of the 17th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, vol.2 pp27-33, ICCAS2015, Bremen,Germany, 2015.10
8. 稗方和夫, 満行泰河, 大和裕幸, 齋藤智輝, 市場変動とライフサイクルを考慮した船舶設計案評価と意思決定に関する研究, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-025-01, , 東京大学本郷キャンパス, 2015.7
9. Kazuo Hiekata, Taiga Mitsuyuki, Hiroyuki Yamato, Kyohei Koyama, Shin'nosuke Wanaka, Tomoki Saito, Bryan Moser, A Ship Design Evaluation Method to Maximize Operational Value under Uncertainty, Proc. of the 12th International Marine Design Conference (IMDC2015), vol.2, pp287-295, Tokyo,Japan, 2015.5

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稗方 和夫 (HIEKATA KAZUO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・  
准教授

研究者番号：80396770

(2) 研究分担者

満行 泰河 (MITSUYUKI TAIGA)

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号：40741335

大和 裕幸 (YAMATO HIROYUKI)

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術  
研究所・理事長

研究者番号：50220421

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし