

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 9 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350459

研究課題名(和文) エネルギー資源の海上輸送における地政学的リスクと経済合理性に関する研究

研究課題名(英文) A study on both geopolitical risk and economical evaluation of maritime transportation for energy resource

研究代表者

鳥海 重喜(Toriumi, Shigeki)

中央大学・理工学部・准教授

研究者番号：60455441

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)：我が国はエネルギー資源の多くを海外からの輸入に頼っており、そのほとんどは船舶によって輸送されている。本研究では、エネルギー資源を輸入する際の不確実性をリスクと考え、輸入先のカントリーリスクと輸送ルート上の輸送リスクを定義した上で、輸入先の組み合わせと輸入量および輸送方法(船舶の割り当て)が与えられたときの2つのリスクを評価するモデルを構築した。

研究成果の概要(英文)：In Japan, energy and natural resources are imported by the maritime transport. It is, therefore, necessary to consider procurement of overseas energy resources and risk management of resource transportation. In this work, we define country risk and chokepoint risk using portfolio theory. Then, we propose a model for determining import countries and its volume. Finally, we analyze the relationship between the transport cost and risk by means of the LLI's vessel movement database.

研究分野：社会システム工学

キーワード：海上輸送 リスク評価 経済性分析 地理情報システム, 海賊 数理計画 海賊

1. 研究開始当初の背景

エネルギーの安全保障を強化することは、国民生活、経済・社会活動、国防等、各国のエネルギー政策において、重要なテーマの一つである。資源エネルギー庁は、このエネルギー安全保障を強化するための一つの施策として、地政学的リスクを低減することを挙げている。この地政学的リスクには、①産資源国におけるリスク（例えば、「外交ツールとしての利用」や「資源ナショナリズム」）、②消費国におけるリスク（例えば、「消費国間の資源争奪」）、③輸送ルート（主として船舶による海上輸送）におけるリスク（例えば、「テロや海賊」）などが含まれている。東日本大震災以降、原子力発電所の稼働停止に伴い、日本はますます海外のエネルギー資源への依存度が高まっているのは周知の通りであり、上記①および②のリスクについて検討が重ねられている。一方、③の輸送ルートにおけるリスク（以下、輸送リスク）については、ほとんど議論が行われていないのが現状である。この一つの要因は、データ整備等が進んでおらず、リスクを定量的に評価することが難しいということだと考えられる。そのような社会的背景のもと、定量的なリスク評価指標として資源エネルギー庁のエネルギー白書 2010 では、チョークポイント（物資輸送ルートとして広く使われている狭い海峡や運河）に対する依存度（チョークポイントを通過する原油の数量を合計し（チョークポイントを複数回通過する場合は都度計上する）、総輸入量に対する割合）を定めている。しかし、原油のみを対象とした、年間の総輸入量に基づくマクロ的な分析にとどまっており、地域的な特性や輸送形態（船舶の諸元、輸送ルート、船団の規模など）は考慮されていない。また、近年急速に活動が活発化している海賊については触れられていないため、リスク評価指標として不十分である。そのため、実際の輸送形態に基づいた新たなリスク評価指標を定義するとともに、輸送リスクの経済性評価を行い、輸送リスク低減のためのシナリオ分析を行う必要があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、以下の3つの点に焦点を当てて、研究を行う。

- (1) 輸送形態に基づくリスク評価指標の開発と国間比較
- (2) 輸送リスクの経済性評価と感度分析
- (3) 輸送リスク低減のためのシナリオ分析とツール開発

まず、(1)では、従来の地形的な特性から静的に定められたチョークポイントをもとにリスク評価指標を定めていたが、時空間ネットワークを活用して、これを船舶の輸送状況や海賊の出没状況に応じて動的に定められるものへと拡張する。その上で、資源別にリスクを評価し、世界の代表的な国々を対象と

した国間比較を行う。そして、日本が抱える資源の輸送リスクについて、その要因を洗い出す。

次に、(2)では、輸送リスクを細分化し、各要因について事象の発生確率や発生した際の影響度合いなどに基づいて貨幣換算を行う。その際、輸送コストの実情を反映させるために、船社や損保会社などにヒアリング調査を実施する。その上で、リスク評価指標に関する感度分析を行い、限界効用を導出する。

最後に、(3)では、(2)に基づいて輸送リスクを低減するための複数のシナリオを考案し、実施した際のコストと低減されるリスクとの関係を分析する。さらに、輸送ルートに関するシナリオの入力（例えば、海域の封鎖）と、そのシナリオに基づいて輸送形態がどのように変化するかという結果の可視化について、GIS（Geographic Information System）を用いたツールも同時に開発する。

3. 研究の方法

前節で記述した3つの研究目的に対し、以下で述べる9つのステップを順に行うことで研究を遂行する。

①船舶時空間ネットワークの構築：Lloyd's List Intelligence が提供している船舶動静データベースとデジタル海上航路ネットワークを用いて、船舶時空間ネットワークを構築する。このステップでは、手作業によりデジタル海上航路ネットワークのアップデートを行う。

②海賊の出没状況の調査：国際海事局が公表している最新のIMB Live Piracy Map データを入手し、直近の海賊出没状況を分析する。そして、船舶時空間ネットワークと重ね合わせて、海賊リスクの動的な特性を把握する。

③リスク評価指標の開発：船舶時空間ネットワークと上記②をもとに、単位時間当たりの船舶の通航量、出航国と到着国の組合せ、通航不能となった際の迂回距離などの情報をもとに動的なリスク評価指標を定める。

④国間比較：世界の代表的な国々を対象として国別に比較を行い、日本が抱える資源の輸送リスクについて、その要因を洗い出す。

⑤輸送コストの現状調査：輸送コストの実情について公にされているデータは少ないので、船社や損保会社などにヒアリング調査を実施する。もし実情を把握できなかった場合には、タンカーの運賃指標であるワールドスケールの考え方や Stopford(2009)を踏襲して定めることを検討する。

⑥輸送リスクの経済性評価：前述の③のリスク評価指標と⑤の輸送コストの現状調査に基づく輸送コスト、輸送ルートの選択率などの関係を数理計画問題によって記述し（例えば、リスク評価指標最小化問題）、一般的な数理計画ソルバーによって求解する。もし、最適解を得られないときには、メタヒューリスティクスを開発する。

⑦感度分析と実現のための施策：リスク評価

指標を1単位低下させるために必要となる輸送コストの増分、つまり限界効用を求め、リスク低減の受益者とコストの負担者の関係について、社会システムの観点から分析する。

⑧シナリオの立案と分析：社会情勢や実現可能性などを考慮して、複数のシナリオを立案し、前述の⑥をもとにして、輸送リスクの低減効果と輸送コストに関する分析を行う。得られた結果に関して、関連省庁あるいは関係団体に提示し、妥当性などを検証する。

⑨GISを用いたツール開発：海上封鎖や海賊頻出海域などを地図上で指定した上で、許容されるリスクやコスト負担増などを入力できるようなツールを開発する。分析結果として得られる船舶の輸送ルートも同じツール上で可視化する。ツールは一般的に利用されているWindows OSが稼働するPC上で動作するものとする。

4. 研究成果

本研究では、エネルギー資源を輸入する際の不確実性をリスクと考え、輸入先のコントリーリスクと輸送ルート上の輸送リスクを定義した上で、輸入先の組み合わせと輸送量および輸送方法（船舶の割り当て）が与えられたときの2つのリスクを評価するモデルを構築する。本研究で想定するコントリーリスクは、資源を輸出する国において固有に発生するリスクとし、リスク事象の具体的な例を挙げると、他国からの経済制裁による輸出の禁止や軍事衝突などによる輸出困難などである。コントリーリスク事案が生じると、輸送方法に依らずその国からの輸入が完全に途絶されると考える。また、輸送リスクは、海賊リスクと海難事故リスクで構成されるものとし、前者は輸送ルート上のチョークポイント（ホルムズ海峡、マラッカ海峡、ソマリア沖、スエズ運河、パナマ運河）を通る際に海賊に遭遇する可能性、後者は、輸送中に海難事故に遭遇する可能性を意味している。輸送リスク事案が生じた場合、輸送中の船舶のみが影響を受けると考える。

(1)モデルの概略

まず、輸入先のコントリーリスクを考慮して、ポートフォリオ選択理論を用いることで、輸送コストを現状とほぼ変えずにリスクを低減できる輸入先・輸送量を決定するコントリーリスク評価モデル（Country risk assessment model；CRAM）を構築する。次に、輸送ルート上の輸送リスクを低減できる船舶の割り当てを決定する輸送リスク評価モデル（Transport risk assessment model；TRAM）を構築する。このCRAMとTRAMは、一方の入力が他方の出力によって決まるという関係を持っている。

CRAMに入力データとして輸入候補先毎の船舶による平均輸送量と資源1トン当たりの輸送コストを与える。CRAMでは、その入力データをもとにコントリーリスクが最も低く

なる輸入量の割り当てを決定する。

TRAMでは、CRAMで求めた輸入量の割り当てを入力データとして、輸送リスクが最も低くなる船舶の割り当てを決定する。この段階で、輸入先・輸送量・船舶の割り当てがきまった1つの実行可能解を得ることができる。

TRAMを解いた結果、輸入候補先毎の1輸送あたりの平均輸送量と資源1トン当たりの輸送コストが更新される。その更新された値をCRAMの入力データとして与え、再び輸入量の割り当てを求めるという一連のプロセスを複数回繰り返すことで実行可能解を複数求める。この繰り返し計算するモデルをITSM（Iterative Two Stage Model）と呼ぶことにする。ITSMで得られた複数の実行可能解は2つのリスク評価値に加え、輸入先や輸送ルートなどの情報を有しているので、地理情報システムなどを利用して、解を可視化することもできる。

(2)利用データ

①平均輸送量

船舶による1度の輸送量を把握するために、Lloyd's List Intelligence社製の船舶動静データを用いる。このデータをもとに、船舶ID、出港地、着港地、出港日、着港日を1レコードとした航海データを作成する。そして、到着国が日本かつ出発国が日本を除く国である寄港実績を抽出し、出発国で集計することによって擬似的に輸入実績を推計する。ただし、船舶動静データでは積み荷の状態（輸送量）は明らかにされていないので、ここでは船舶の載貨重量トン（Dead Weight Tonnage；DWT）を輸送量として仮定する。また、出発国がLNGの輸出国ではない場合、その直前に出発した国を出発国とみなす補正を行う。

②輸送距離

後述する輸送候補先毎の1トンあたりの輸送コストを定めるには、その国から日本までの船舶による輸送距離が必要となる。そこで、船舶動静データとデジタル海上航路ネットワークを組み合わせることで、輸送距離を推計する。

③輸送コスト

本研究では、LNG1トンあたりの輸送コストは「液化コスト+船舶コスト+気化コスト」で構成されるものと考え。まず、液化コストと気化コストは地域や輸送量に関わらず一定とし、その値は森田[4,5]を参考に決定する。次に、船舶コストは輸送距離に依存すると考え、距離に比例して増加するコストと距離に依らないコストの和と仮定する。さらに、船舶の輸送には規模の経済性（大きい船舶ほど単位輸送コストが下がる）があることを考慮し、日本郵船LNG船運航研究会[3]を参考に、輸入先*i*から日本に載貨重量トン*D*のLNG船で輸送する際の1トン当たりの輸送コスト*C_i*を

$$C_i = G_i \cdot D^{-0.324} \quad (1)$$

と定義する。ただし、 G_i は定数であり、輸入先毎に異なる。

④カントリーリスク発生確率

日本貿易保険 [2] は各国のカントリーリスクをAからHまでの8段階に分類している。この分類に基づき、ランク A (リスクの一番低い国) であれば 0.125%, ランク H (リスクの一番高い国) であれば 1%として 0.125%刻みに 8 段階で発生確率を与える。

⑤輸送ルートと海賊との遭遇確率

船舶動静データと海上航路ネットワークを利用すると、輸入候補先から日本までの輸送距離と同時に輸送ルートも定めることができる。輸送ルートが定まると、通航するチョークポイントも定まることになる。それぞれのチョークポイントにおける海賊行為の発生頻度は、国際海事局 (International Maritime Bureau) によって公表されているデータで把握することができる。一方、海賊行為が発生した地点・時点における船舶の通航量を集計し、発生頻度との比をとることで、海賊との遭遇確率とする。

⑥海難事故発生確率

小田野ら [1] は、出港から着港までの間の衝突事故発生確率を、途中寄港地も含む港湾での発生確率 (1 回の入出港で 5.1×10^{-5}) と航行中の発生確率 (1 海里の航海で 1.9×10^{-6}) の和で定めている。本研究でもこの値と輸入先毎の輸送距離を用いて、衝突事故発生確率を定める。ところで、衝突事故には軽微な事故から船舶が沈没するような重大な事故まで様々な事故がある。そこで、輸送距離に基づく衝突事故発生確率に、重大事故となる確率を補正值として掛け合わせることで海難事故発生確率を定義する。

(3) カントリーリスク評価モデル (CRAM)

①シナリオの定義

CRAM では、輸入先で発生した問題 (カントリーリスク事象) によりエネルギー資源を輸入できない場合を想定し、幾つかのシナリオを作成する。

本研究では、シナリオとして、(i) 輸入候補先毎にカントリーリスク事象が発生するシナリオ、(ii) カントリーリスク事象が一切生じない (輸送成功) シナリオを考える。したがって、輸入候補先が N だけ存在した場合、シナリオの数は $N + 1$ となる。各シナリオの生起確率は、(i) に対してはカントリーリスク発生確率を与え、(ii) に対しては 1 から (i) の生起確率の和を引いたものとする。

ところで、カントリーリスク事象は同時に複数発生することも考えられる。一般に、それぞれのリスクが独立に発生すると考えれば、その組合せの数は 2^N となり (N は輸入候補先の数)、同じ数のシナリオを準備しなければならない。しかし、カントリーリスクの発生確率を元に、複数のリスク事象が同時に発生する確率を算出すると発生確率が非常に小さくなることから、複数のリスク事象

が同時に発生するシナリオは起こらないものとする。すなわち、シナリオは、「カントリーリスク事象が 1 つ発生するシナリオ」、「輸送成功シナリオ」のみを考える。

②CRAM の定式化

本研究では、カントリーリスクを現状より低減できる輸入先・輸入量を求めるために分散の値を最小化する CRAM を、数理計画法を用いて以下のように定式化する。

まず、輸入先の集合を I とし、シナリオの集合を T とする。そして、

x_i : 輸入先 i の輸入比率

z_i : 輸入先 i から資源を輸入するかどうかを表す 0-1 変数

を決定変数とする。さらに、入力データとして、総輸入量 (現状の輸入量) V 、目標とする総輸送コスト W を与えるとともに、以下を準備する。

c_i : 輸入先 i から日本までの 1 トンあたりの輸送コスト

s_i : 輸入先 i の供給可能量

a_i : 総輸入量 V に対する輸入先 i の単位輸入量の比率

r_{it} : シナリオ t 発生時の輸入先 i からの単位輸入量

p_t : シナリオ t の生起確率

$\bar{r}_i = \sum_{t \in T} r_{it} p_t$: 輸入先 i の期待単位輸入量

$\sigma_{ij} = \sum_{t \in T} (r_{it} - \bar{r}_i)(r_{jt} - \bar{r}_j) p_t$, $\forall i, j \in I$: 分散共分散行列

最後に、目的関数と制約式を以下に示す。

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} \sigma_{ij} x_i x_j \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in I} V c_i x_i \leq W \quad (3)$$

$$V x_i \leq s_i \quad (\forall i \in I) \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} x_i = 1 \quad (5)$$

$$x_i \leq z_i \quad (\forall i \in I) \quad (6)$$

$$a_i z_i \leq x_i \quad (\forall i \in I) \quad (7)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad (\forall i \in I) \quad (8)$$

(4) 輸送リスク評価モデル (TRAM)

①輸送リスクの定義

TRAM では、輸入先から日本へエネルギー資源を輸送する際に海難事故に遭遇する、または、チョークポイントを通航する際に海賊に襲われることで資源の輸入量が変動するリスクを輸送リスクと考える。(2)で述べたデータを利用して、それぞれの輸入先 i の輸送リスク発生確率 Q_i を定める。

さらに、使用する船舶の単位輸入量 (DWT) を u 、輸送する回数を n とする。このとき、輸送結果は輸送リスクにより輸送に失敗するか、輸送リスク事象が発生せずに輸送成功するかのいずれかであり、 n 回の独立な試行を行ったときの成功数で表される二項分布とみなすことができる。したがって、輸入先

i からの輸送において、失敗する可能性のある資源輸入量の分散（輸送リスク）は、 $Q_i(1 - Q_i) u^2 n$ と一般化できる。

②船舶のカテゴリライズ

TRAM では輸入先に対して船舶の割り当てを決定する。2007年に日本にLNGを輸送した船舶は131隻ある。これらの船舶を輸入先に割り当てようとすると、組み合わせの数が膨大になってしまい、解を得るのが困難になってしまう。そこで、131隻の船舶を4つのクラス（class1～class4）にカテゴリー分けする。カテゴリー分けの基準は、船舶の載貨重量トンの分布で差が大きいところとする。そして、カテゴリー分けした船舶の大きさ（載貨重量トン）は、同じカテゴリーに選ばれた船舶の平均載貨重量トンと仮定する。TRAMでは、このカテゴリライズした船舶を輸入先毎にどのように割り当てるかを決定する。

③TRAMの定式化

本研究では、輸送リスクが現状より低減できる船舶の割り当てを求めるためにリスクの指標である分散を最小化するTRAMを、数理計画法を用いて以下のように定式化する。まず、輸入先の集合を I とし、船舶のカテゴリの集合を J とする。そして、

n_{ij} : 輸入先 i からカテゴリー j の船舶で輸送する回数

を決定変数とする。さらに、入力データとして、目標とする総輸送コスト W を与えるとともに、以下を準備する。

u_{ij} : 輸入先 i からカテゴリー j の船舶で輸送する際の1輸送あたりの資源輸入量

α_i : 輸入先 i の輸送成功確率 $(1 - Q_i)$ と失敗確率 Q_i の積

X_i : CRAM で求めた輸入先 i の輸入比率 x_i^* から計算される資源輸入量 ($X_i = Vx_i^*$)

b_{ij} : 輸入先 i からカテゴリー j の船舶で輸送する際の1輸送あたりのコスト

h_i : 輸入先 i から日本への輸送時間

e_j : カテゴリー j の船舶を一年間に使用できるのべ時間

最後に、目的関数と制約式を以下に示す。

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \alpha_i u_{ij}^2 n_{ij} \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in J} u_{ij} n_{ij} \geq X_i \quad (\forall i \in I) \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_{ij} n_{ij} \leq W \quad (11)$$

$$\sum_{i \in I} h_i n_{ij} \leq e_j \quad (\forall j \in J) \quad (12)$$

$$n_{ij} \in \{0, 1, \dots\} \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (13)$$

(5) ITSMの実行結果

CRAM と TRAM を交互に繰り返し解くITSMを用いて、日本における2007年のLNG輸入を対象とした数値実験を行う。数値実験における仮定を以下に示す。

A) 輸入候補先は2007年に輸入実績のある

13カ国とする。

B) 各輸入候補先における供給可能量は年間の輸入量の2倍とする。

C) 日本における総需要は2007年の実績値と同じとし、総輸送コストの上限も2007年の推計値と同じとする。

D) 各輸入候補先からの単位輸送量は、各輸入候補先から航行している船舶の平均輸送量とする（1回目にCRAMを解く際には船舶動静データの各輸入先の平均輸送量を単位輸送量とする）。

E) 使用できる船舶はカテゴリライズ結果に基づく。

F) 輸送にかかる時間は、輸入先までの距離に応じた航行時間（この時間は船舶に依らない）に加え、LNGの積み込みに1日、積み下ろしに2日かかるとする。

以上の仮定をもとにパラメータを定めて、IBM社の数理計画のソルバーCPLEX12.4を用いて実行可能解が出せなくなるまで数値実験を行った。ITSMによって得られたTSMの実行可能解は、輸入量の割り当ては同じであるが、輸送方法が異なっている。よって、TRAMの輸送方法を使用して、カントリーリスクの再計算をする。その結果、実行可能解を66個得た。図2は、ITSMによって得られた66個の実行可能解について、カントリーリスクの標準偏差と輸送リスクの標準偏差との関係を表した散布図である。横軸の標準偏差はカントリーリスクによって1輸送当たりの失う可能性のあるLNG量（トン）を、縦軸の標準偏差は輸送リスクによって1年間で失う可能性のある総LNG量（トン）を表している。図2の赤いラインは2007年の貿易統計の輸入先毎のLNG輸入比率でカントリーリスクを計算した結果である。この結果から、ITSMで得られた全ての実行結果は、現状よりカントリーリスクが低いことがわかる。

次に、輸送リスクが最小となった解について、輸入先毎の輸入量と割り当てられた船舶を図3に示す（CRAMで決定した輸入先毎のLNG輸入量の割り当てを円の大きさで表し、TRAMで決定した4つのカテゴリーの船舶の使用比率を円の中の4色の比率で表している）。図3を詳しく見ると、チョークポイントを通航せずに輸送できる輸入先の輸送には大きいLNG船を使用している。また、チョークポイントを通航する必要のある輸入先の輸送には小さいLNG船を使用することで輸送リスクを低減することができていることがわかる。

以上の結果から、2007年時点ではカントリーリスクと輸送リスクの重視する比率を決めれば、現状より輸送コストを増加させることなく、リスクを低減できる最良なLNGの輸入先・輸入量と輸送方法を求めることができることがわかる。

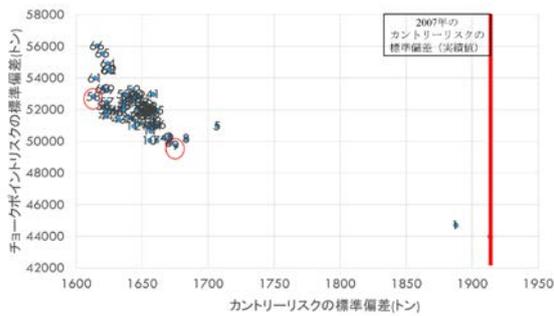


図 2. 実行結果の散布図

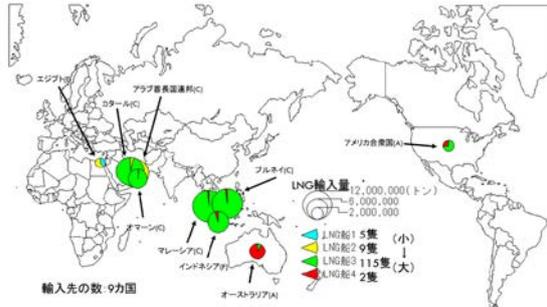


図 3. 輸送リスクが最小となった実行結果

<引用文献>

[1] 小田野直光, 澤田健一, 望月宙充, 平尾好弘, 浅見光史, 「放射線輸送物の海上輸送におけるリスク評価に関する研究ーリスク評価のための海難事故データの整備ー」, 『海上技術安全研究所報告』, **10(3)**, 315-328, 2010.

[2] 日本貿易保険: 『国カテゴリー表』, <http://nexi.go.jp/cover/categorytable> (アクセス日: 2014年3月18日).

[3] 日本郵船 LNG 船運航研究会: 『LNG 船運航の ABC』, 成山堂書店, 2012.

[4] 森田浩仁, 「都市ガスと LNG 第 6 回 LNG との邂逅⑤ー東京電力に共同導入計画を提案ー」, 『日本エネルギー経済研究所研究レポート』, 2005.

[5] 森田浩仁, 「世界の LNG 船市場等に係る調査 (変化の途上, あらたなビジネスモデルを探る LNG 船)」, 『日本エネルギー経済研究所研究レポート』, 2006.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

① 渡部大輔, 永田康宏, 鳥海重喜, 「ソマリア周辺海域における海賊活動の地理的分布の変化」, 日本航海学会論文集, 査読有, 132, 2015, 44-50.

② 鳥海重喜, 高嶋隆太, 「海上航路ネットワークとエネルギー資源の国際輸送におけるチョークポイント分析」GIS-理論と応用, 査読有, 21, 2013, 47-55.

[学会発表] (計 20 件)

① Shigeki TORIUMI and Ryuta TAKASHIMA, An economic evaluation of CO2 emissions reductions from marine

transportation of LNG, INFORMS Annual Meeting 2015, 2015年11月1日-4日, Philadelphia(PA, USA).

② Watanabe, D. and Church, R, Optimal location model for anti-piracy activity in Somalia, INFORMS Annual Meeting 2015, 2015年11月1日-4日, Philadelphia (PA, USA).

③ 高嶋隆太, 鳥海重喜, LNG 海上輸送の経済性と価格リスクの評価, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015年9月11日-12日, 九州工業大学 (北九州市).

④ 稲田啓佑, 鳥海重喜, 輸送リスクを考慮したエネルギー資源の輸入計画決定モデル, 応用地域学会第 28 回研究発表大会, 2014年11月29日-30日, 沖縄産業支援センター (那覇市).

⑤ Shigeki TORIUMI, Keisuke INADA and Ryuta TAKASHIMA, Evaluating risk of international transportation for energy resources, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月9日-12日, San Francisco(CA, USA).

⑥ Daisuke WATANABE and Shigeki TORIUMI, Geospatial Analysis on Somali Piracy, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月9日-12日, San Francisco(CA, USA).

⑦ Ryuta TAKASHIMA, Shigeki TORIUMI and Keisuke INADA, Maritime transport for LNG, power generation, and electric transmission, The 37th International Association for Energy Economics (IAEE) International Conference, 2014年6月16日-18日, New York(NY, USA).

⑧ Shigeki TORIUMI and Ryuta TAKASHIMA, A Mathematical Model of Maritime Transport for Energy Resource with Choke Points Risk, INFORMS Annual Meeting 2013, 2013年10月6日-9日, Minneapolis(MN, USA).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥海 重喜 (TORIUMI, Shigeki)
中央大学・理工学部・准教授
研究者番号: 60455441

(2) 研究分担者

渡部 大輔 (WATANABE, Daisuke)
東京海洋大学・学術研究院・准教授
研究者番号: 30435771

高嶋 隆太 (TAKASHIMA, Ryuta)
東京理科大学・理工学部・講師
研究者番号: 50401138

以上