

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03327

研究課題名（和文）グローバル・ロジスティクス・ネットワーク下のシミュレーションモデル構築と政策分析

研究課題名（英文）Model Development and Policy Analysis on the Global Logistics Network

研究代表者

柴崎 隆一（Shibasaki, Ryuichi）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授

研究者番号：50323514

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、荷主と船社のそれぞれの観点から世界規模の国際物流の実態とメカニズムを把握し、（1）インターモーダルな国際貨物流動モデルの構築および世界各地への拡張、（2）AIS等の船舶動静データを用いた貨物流動推計および船会社の意思決定モデルの構築を行い、またこれらの分析結果やモデルを用いて、物流インフラ投資や越境抵抗軽減などの施策を対象とした、シミュレーションや将来シナリオ分析を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界規模の物流ネットワークを対象として、全世界を包括的に捉え、貨物流動の実態を分析したり、荷主の側から見た貨物の経路選択モデルや船会社の側から見た輸送ルートや船舶サイズの選択モデル等を構築した研究は世界的に見ても少なく、グローバル化が進み世界各地の物流ネットワークの相互依存が進む現代において、このような分析手法や政策シミュレーション手法を提案することは、学術的にも社会的にも意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：The research group studied the current status and structure of global logistics network from both shippers' and carriers' viewpoints. Then, a global intermodal logistics network simulation model was developed from the shippers' viewpoint and extended to many regions of the world, whereas global maritime cargo flows on a port basis were estimated by commodities by using the AIS and other vessel movement data from the carriers' viewpoint and the decision-making of carriers was modeled. Further, using these results and developed models, policy simulations and scenario analyses on logistics infrastructure investment and cross-border facilitation were conducted.

研究分野：国際物流

キーワード：国際物流 ネットワーク インターモーダル輸送 世界海運 政策分析 経路選択モデル 一带一路
データ解析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本課題は、研究代表者および研究分担者のうちの一部が実施した科研費基盤 B 課題「アジア・ヨーロッパ大陸間のマルチモード国際物流シミュレーションモデルと政策分析」(2013-2016)において、東アジア = 欧州間および中央アジア地域発着の国際貨物輸送に着目し、現況・課題の把握およびモデル構築・政策シミュレーションを行ったことを踏まえ、これまで研究代表者らが構築してきた世界規模の国際貨物のインターモーダルなネットワーク配分モデルについて、学術的な評価だけでなく、ADB や JICA などの国際 / 援助機関等からの実務的な期待も高いことから、このモデルを全世界、特に多くの発展途上国を抱える地域に拡張することを第 1 の目的とした。

さらに、上記のモデルが海上・背後圏の輸送ネットワークを所与としたコンテナ(および一部の陸上貨物)の配分モデルであるのに対し、船会社の観点から、AIS データを用いて、世界規模の貿易・物流分析を行い、船舶の航行ルート選択の現状を整理し、選択モデルを構築することを第 2 の目的とする。具体的には、研究代表者が前職時代にスエズ運河庁への技術協力の一環として構築した、パナマ運河や喜望峯ルートとの競合を念頭に置いた分析モデルをプロトタイプとして、発展させる。ビッグデータの一つである AIS データを用いた貿易・流動分析は、世界的に見ても最近研究・報告例が出現しつつある状況であり、現時点で世界で最も先行していると思われる研究代表者のグループが研究を進める意義は大きいものと思われる。

2. 研究の目的

- (0) 世界規模での国際物流の現況と課題の把握
ユーラシア大陸を中心とした国際物流の世界的動向に関する情報収集
国際物流シミュレーションモデルの構築地域を対象とした現地情報収集調査
- (1) 対象地域における国際物流シミュレーションモデルの構築
- (2) 船舶動静データを用いた世界規模の船舶航行ルートの選択モデルの構築
- (3) 構築したモデルを用いた政策シミュレーション・シナリオ分析(将来予測を含む)

3. 研究の方法

- (0) 世界規模での国際物流の現況と課題の把握
現地調査実施(別経費による訪問も含む)
<ユーラシア大陸、一帯一路> 2017年7月:ロシア、カザフスタン、中国新疆ウイグル自治区、キルギス、ウズベキスタン、タジキスタン、2018年8月:カザフスタン、ジョージア、2018年9月:中国山東省・遼寧省、2019年6月:モンゴル、2019年10月:中国浙江省
<東南アジア> 2019年7月:カンボジア、2019年8月:ミャンマー、2019年9月:カンボジア、ベトナム *その他、研究分担者による現地調査を実施
<南アジア> 2017年7月:バングラデシュ、2019年5月:インド
<アフリカ・中東> 2017年9月:南アフリカ、ザンビア、ジンバブエ、モザンビーク、ボツワナ、2017年12月および2018年2月:エジプト(スエズ運河)、2018年9月:ケニア、ジブチ、エチオピア、2019年2月:エチオピア、UAE、2019年6月および12月:エジプト
<パナマ運河・米大陸> 2017年9月:パナマ運河、トリニダードトバゴ
日本国内における情報収集調査の実施
・学会・研究会の発表や関連セミナーの主催・参加等を通じた専門家との情報・意見交換の実施
・関係主体へのインタビュー
・インターネットによる文献・情報収集
- (1) 対象地域における国際物流シミュレーションモデルの構築
中央アジアモデル
陸上発着のコンテナ相当貨物もモデルに含めることにより、ユーラシア大陸横断輸送(中欧班列)と海上輸送の競合等を考慮可能なモデルを構築した。
東南アジアモデル
最近の鉄道・内航ネットワークや GMS 経済回廊の整備動向を踏まえ、JICA・民間企業との研究協力により、カンボジアおよび陸のアセアンを対象としたモデルを構築した。
アフリカモデル
南部アフリカおよび東部アフリカを対象としたシミュレーションモデルを、JICA との協力により構築した。
なお、当初計画では南米大陸についても同様のモデルを構築する計画であったものの、上記各モデルの検討に研究資源を要したため、今回は構築できなかった。この点は、今後の課題である。
- (2) 船舶動静データを用いた世界規模の船舶航行ルートの選択モデルの構築(船舶航行ルートの推定およびモデル構築)
AIS データ等の船舶動静データによる貨物流動の推計
AIS データ等の船舶動静データには積載貨物に関する情報が含まれていないため、積卸港湾が特定できないだけでなく、特にドライバルクキャリアについては、石炭、鉄鉱石、穀物等の品目が特定できないことから、輸送状態や輸送量、品目の予測手法を構築した。
推計結果を用いた船会社による意思決定モデルおよび運賃市況予測モデルの構築
研究開始当初予定していた航行ルートの選択分析およびモデル化だけでなく、輸送に用いら

れる船舶サイズの分析および選択モデルの構築も実施した。また、AIS データを主要な入力変数とした、機械学習に基づく運賃指標（バルチック指数）の予測も行った。

(3) 構築したモデルを用いた政策シミュレーション・シナリオ分析（将来予測を含む）

国際貿易モデルを用いた将来貿易パターン（貨物輸送需要）の推計

世界および研究対象地域の社会経済に関する複数の将来シナリオに基づき、世界貿易分析プロジェクト（GTAP）モデルを用いて将来の貨物輸送需要を予測し、物流シミュレーションのインプットとして活用するとともに、構築したモデルにより、特惠関税撤廃や FTA 進展などの政策が将来貿易額や貿易パターンに及ぼす影響について分析した。

また、北極海航路利用のインパクト（輸送費用の低減がもたらす貿易パターンの変化）についても、不確実性を考慮した複数シナリオに基づき、LNG 輸送を対象としたシミュレーションを実施した。

国際物流シミュレーションモデルを用いた（将来）政策シミュレーション

(1)で構築したモデルに基づき、現況または将来の貨物輸送需要を入力とし、各地で計画されている物流政策（港湾開発、回廊開発、内航水運・フェリー輸送促進、道路・鉄道の整備・改良、越境抵抗削減、国境地域のインフラ整備、ドライポートの整備等）のインパクトを、ネットワーク上のリンクフローの変化として算出し、港湾取扱量や国境の通過量、総輸送費用の変化などの観点から評価した。

研究期間中に政策シミュレーションの対象とした地域は、別経費による共同研究等も含めると、以下の通りとなる（順不同）：中国および一帯一路政策の沿線諸国、カザフスタン、カスピ海沿岸諸国、モンゴル、ロシア、パキスタン、バングラデシュ、スリランカ、カンボジア、ミャンマーおよび周辺諸国、南部アフリカ諸国（特にモザンビーク、マラウイ、ザンビア、ジンバブエ、南アフリカ、ボツワナ）、東部アフリカ諸国、および日本。

船舶動静データに基づく貨物流動推計結果を用いた現状分析と将来政策シミュレーション

LNG 船を対象としたサプライチェーン分析や環境負荷影響評価、空間的自己相関を用いた空間解析等を行うとともに、(2)で構築した船舶サイズ選択モデルに基づき、品目別の将来輸送需要を入力して、将来の船型別輸送船舶需要を推計した。

4. 研究成果

以下に主要な結果の例を示す。なお、現地調査の成果は、研究代表者が編者となり、多くの研究分担者が参加した書籍（参考文献・図書の ）ともなっている。

(1) 国際物流シミュレーションモデルを用いた（将来）政策シミュレーション
ユーラシア大陸を対象とした一帯一路政策シミュレーション

図 1 にベースシナリオにおける陸上輸送貨物フローの推計値を示す。一帯一路政策のもとで

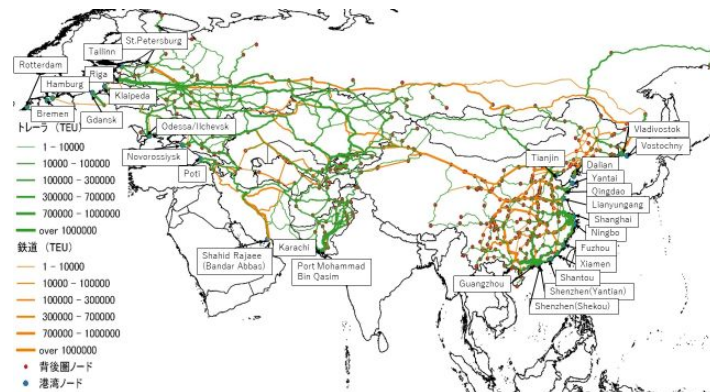


図 1 推計された陸上貨物フロー（2013 年ベースケース）

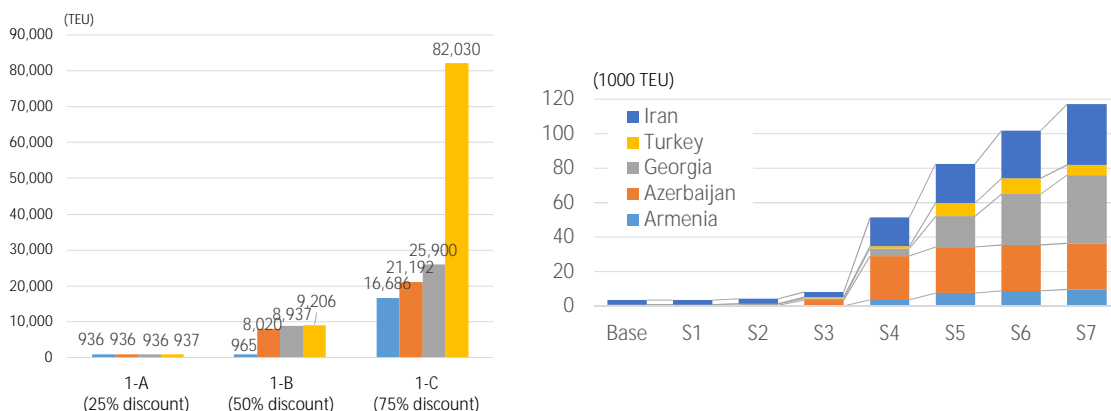


図 2 中国発欧州着陸上輸送（中欧班列西航）貨物量（左）および中国発コーカサス諸国・イラン・トルコ着陸上輸送貨物量（右）のシナリオ別推計結果

上輸送貨物を対象とした運賃割引、および関連施策（運行頻度の増加、速度向上、中国・カザフ中国の地方政府が国際鉄道輸送（中欧班列）の運賃補助を行っていることを念頭に、中国発着陸スタンの国境抵抗半減）実施のシミュレーションを行った。その結果、図2左に示すように、運賃割引率を75%に設定すると、中欧班列西航の輸送量が1万TEUを超え、特に国境抵抗の削減が輸送量を大きく増加させる（右端）ことが示された。

また、カザフスタン政府が近年力を入れているカスピ海横断フェリーの整備などを想定したシナリオにおいても、図2右に示すように、中国発コーカサス諸国着の陸上輸送貨物量は、運賃割引率を75%に設定したS4で急激に増加した。

このように、ユーラシア大陸を横断する中欧班列においては、中国地方政府による鉄道運賃の補助が利用量に大きく影響していることが明らかとなった。

アフリカ大陸を対象とした国際物流シミュレーション

ザンビアとボツワナを結ぶカズングラ橋建設のシミュレーション結果（図3）によれば、ジンバブエ経由の貨物がボツワナ経由にシフト、ザンビア着国際海上コンテナ貨物について、ボツワナ経由の輸送が約5%増加することがわかった。

また、モザンビークのベイラ港からジンバブエ・ザンビアへと延びるベイラ回廊を改善（輸送容量拡大、輸送費用および越境抵抗削減）すると、図4に示すように、ジンバブエおよびザンビア中南部発着貨物において、ベイラ港の利用率が増加し、ダーバンを始めとする南アフリカ港湾やタンザニアのダルエスサラーム港の同地域における利用率が減少することがわかった。

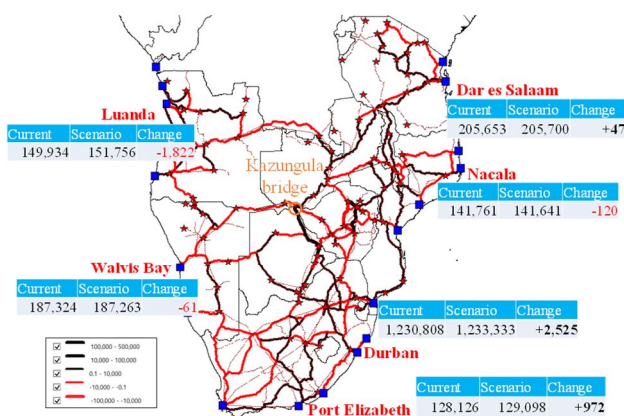


図3 カズングラ橋建設による国際貨物流動の変化（2016年輸送需要に基づく）

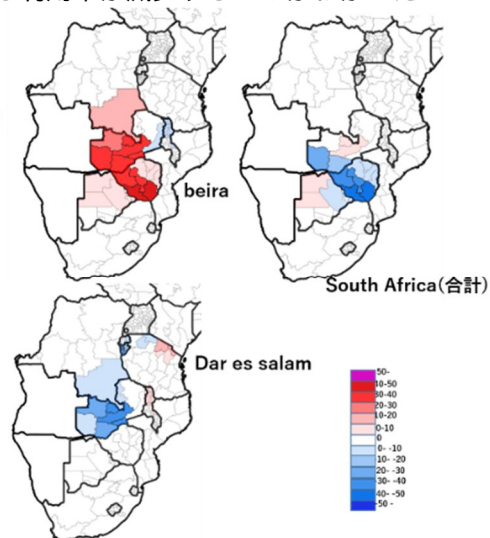


図4 ベイラ回廊整備による各国発着国際海上貨物の港湾利用率の変化（2040年輸送需要に基づく）

(2) 船舶動静データに基づく貨物流動推計結果を用いた現状分析および将来政策シミュレーションの例

ドライバルク貨物およびLNGを対象とした品目別全世界港湾間流動推計

推計結果の例として、鉄鉱石の輸出および穀物の輸入に関する国別年間取扱量について、実績値との比較を図6および図5に示す。図より、輸出入の特徴から言って難易度がより高いといえる穀物の輸入においても、比較的良好な再現性を有しているといえる。ただし、港湾単位で見ると、推計精度にやや改善の余地がある。

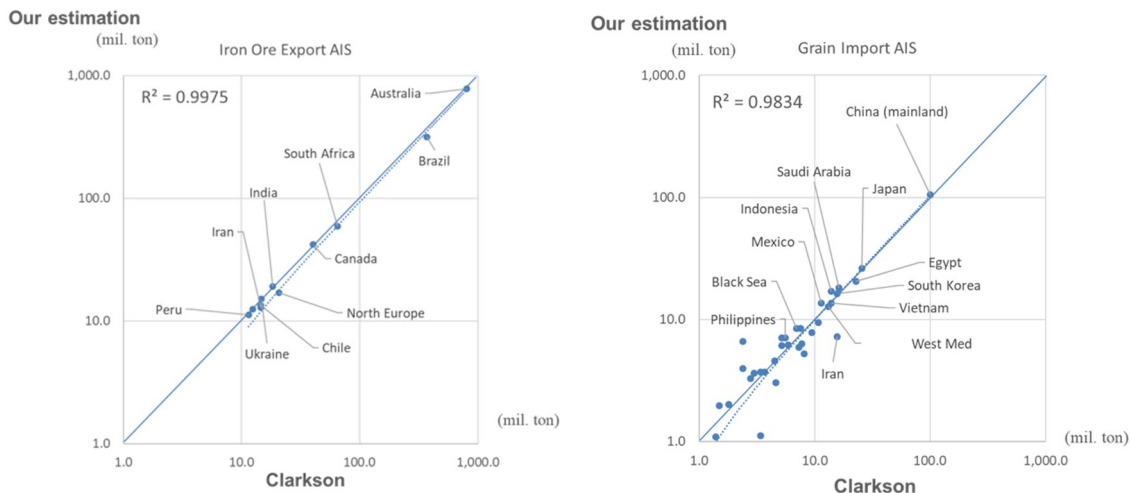


図5 国別鉄鉱石輸出货量（左）および穀物輸入量（右）の推計結果と実績値との比較（2016年）

LNG 輸出入ターミナルの効率性分析

LNG の輸出および輸入ターミナルを対象に、推計された輸出入量と容量（輸入については送出容量）の関係について、図6に示す。図6左に示されるように、輸出ターミナルにおいては、LNG 液化プラントは非常に高コストであることもあり、年内に開業した等のいくつかの例外を除けば、多くのターミナルにおける稼働率（容量に対する輸出実績）は100%に近い。

一方、図6右に示される輸入ターミナルにおいては、我が国を含む多くのターミナルにおける稼働率は6～7割となっている。これは、再ガス化プラントは液化プラントほどは高額な投資が必要でないこと、安定的な供給のため貯蔵可能量に余裕を見ておく必要があることなどに起因する。このように、輸出と輸入でターミナルの稼働率が異なることが明示的に示された。また輸入ターミナルの稼働率が他より著しく異なる国（台湾はLNG 輸入容量が逼迫している、米国はシェール革命により輸入国ではなくなった等）を検出することもできた。

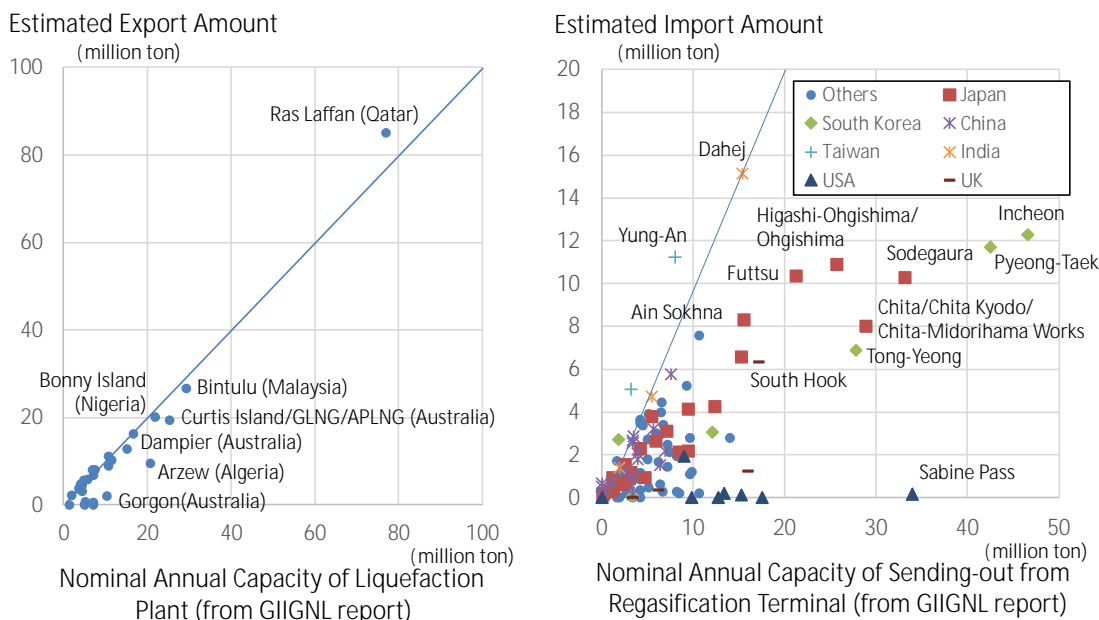


図6 LNG 輸出ターミナル（左）および輸入ターミナル（右）における輸出入実績と輸出/送出容量の関係（2016年）

船舶航行ルート分析

船舶 AIS データを利用して、LNG 船および原油タンカーを対象に同一の出港地と着港地をもつ航路を分析したところ、航海距離や航海時間には大きな差があることが明らかになった。すなわち、輸送コストにも不確実性があることを意味し、経済性分析などにおいて輸送の不確実性を考慮する必要があることが明らかになった。

LNG 船を対象とした環境負荷影響評価

船舶の速度や積載状態から燃料消費量を算出し、環境負荷影響評価を行った（図7）。

船型選択モデルを用いた将来船型予測

IHS 社の World Trade Service (WTS) データによる 2030 年の各国間石炭輸送需要の予測値を、本研究で構築した多項ロジットモデルに入力し、将来時点における船型タイプ別の輸送需要の変化を推定した。図8に示すとおり、2030年には全船型タイプについて2016年よりも輸送量が増えている一方で、伸び率については Handymax が相対的に大きいことが分かる。これは、途上国など新興国の経済発展が進み、石炭輸入の需要が新たに生じる国が増加するためと推察される。

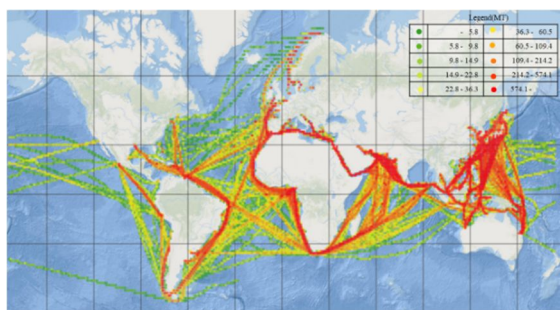


図7 国際海運における環境負荷影響

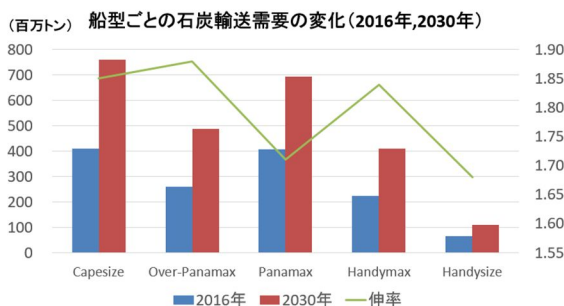


図8 船型別の輸送需要予測結果（石炭）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 柴崎隆一・新井洋史	4. 巻 52
2. 論文標題 中央アジアに視点を置いた中国の「一帯一路」政策の影響：カザフスタンの鉄道トランジット貨物を中心に	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 海運経済研究	6. 最初と最後の頁 81-90
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 Ryuichi SHIBASAKI, Toshio AZUMA, Tetuso YOSHIDA, Hiroyuki TERANISHI, Motohisa ABE	4. 巻 25
2. 論文標題 Global route choice and its modelling of dry bulk carriers based on vessel movement database: focusing on the Suez Canal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Research in Transportation Business & Management	6. 最初と最後の頁 51-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rtbm.2017.08.003	査読の有無 有
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 Ryuichi SHIBASAKI, Takayuki IIJIMA, Taiji KAWAKAMI, Takashi KADONO, Tatsuyuki SHISHIDO	4. 巻 19
2. 論文標題 Network assignment model of integrating maritime and hinterland container shipping: application to Central America	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Maritime Economics & Logistics	6. 最初と最後の頁 234-273
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1057/s41278-016-0055-3	査読の有無 有
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 Ryuichi Shibasaki, Takashi Usami, Masahiko Furuichi, Hiroyuki Teranishi, Hironori Kato	4. 巻 45
2. 論文標題 How do the new shipping routes affect Asian LNG markets and economy? - Case of the Northern Sea Route and Panama Canal Expansion -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Maritime Policy & Management	6. 最初と最後の頁 543-566
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/03088839.2018.1445309	査読の有無 有
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 Shibasaki Ryuichi, Kanamoto Kei, Suzuki Takeshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Estimating global pattern of LNG supply chain: a port-based approach by vessel movement database	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Maritime Policy & Management	6. 最初と最後の頁 143 ~ 171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03088839.2019.1657974	査読の有無 有
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 Shibasaki Ryuichi, Tanabe Satoshi, Kato Hironori, Lee Paul Tae-Woo	4. 巻 11
2. 論文標題 Could Gwadar Port in Pakistan Be a New Gateway? A Network Simulation Approach in the Context of the Belt and Road Initiative	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 5757 ~ 5757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su11205757	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 該当する

1. 著者名 Shibasaki Ryuichi, Kawasaki Tomoya	4. 巻 5
2. 論文標題 A transshipment hub in South Asia and its competition: Application of network equilibrium assignment model for global maritime container shipping	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Transport Studies	6. 最初と最後の頁 546 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11175/eastsats.5.546	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 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Ryuichi SHIBASAKI
2. 発表標題 Impact of China's Belt & Road Initiative on international land container shipping across Eurasian continents: network assignment model approach
3. 学会等名 The Tenth International Conference on Traffic & Transportation Studies (ICTTS ' 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryuchi Shibasaki
2. 発表標題 Global Logistics Network and its Modelling
3. 学会等名 High-end Academic Forum on Innovation in Logistics and Supply Chain Management in the New Era (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 柴崎隆一 (編著)・アジア物流研究会 (著)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 成山堂	5. 総ページ数 236
3. 書名 グローバル・ロジスティクス・ネットワーク : 国境を越えて世界を流れる貨物	

1. 著者名 田中 誠、高嶋 隆太、鳥海 重喜	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 176
3. 書名 エネルギー・リスクマネジメントの数理モデル	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学システム創成学専攻 柴崎研究室 (グローバル物流システム学) http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/shibasaki/ アジア物流研究会 http://www2.kaiyodai.ac.jp/~daisuke/asia/</p>

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	渡部 大輔 (Watanabe Daisuke) (30435771)	東京海洋大学・学術研究院・准教授 (12614)	
研究分担者	新井 洋史 (Arai Hirofumi) (30551402)	公益財団法人環日本海経済研究所(調査研究部)・その他部局・部長 (83103)	
研究分担者	川崎 智也 (Kawasaki Tomoya) (30705702)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	
研究分担者	鳩山 紀一郎 (Hatoyama Kiichiro) (60361523)	長岡技術科学大学・産学融合トップランナー養成センター・特任准教授 (13102)	
研究分担者	鳥海 重喜 (Toriumi Shigeki) (60455441)	中央大学・理工学部・准教授 (32641)	
研究分担者	加藤 浩徳 (Kato Hironori) (70272359)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究分担者	税所 哲郎 (Saisho Tetsuro) (80386870)	国士舘大学・経営学部・准教授 (32616)	
研究協力者	松田 琢磨 (Matsuda Takkuma)	公益財団法人日本海事センター	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	安部 智久 (Abe Motohisa) (30370795)	国土技術政策総合研究所・港湾研究部・港湾計画研究室長 (82115)	
連携研究者	町田 一兵 (Machida Ippei) (10611452)	明治大学・商学部・准教授 (32682)	
連携研究者	大塚 夏彦 (Otsuka Natsuhiko) (50520201)	北海道大学・北極域研究センター・教授 (10101)	
連携研究者	礪波 亜希 (Tonami Aki) (80793760)	筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授 (12102)	