

ArCS II北極航路課題・2020年度報告会

日本における北極海航路の潜在的需分析： コンジョイント分析によるシミュレーション

2021.3

山口 真一（国際大学 准教授）

小室 敬（国際大学 リサーチアシスタント）

syamaguchi@glocom.ac.jp



https://8card.net/virtual_cards/AFgrUqE8VSL0KsZB7MJGcA

© Shinichi YAMAGUCHI. 2021 All Rights Reserved.

北極海航路に関するこれまでの研究

◆ 北極海航路（NSR）の先行研究

- 温暖化の影響で NSR への注目は高まり、2011 年～ 2017 年の文献数はそれまでの 2 倍に（Dimitrious et al., 2018）。メリットを背景に、**今後利用が進むことが日本でも期待されている。**
- 社会科学の文献の多くは**輸送コスト**について分析。スエズ運河航路と比較しての燃料削減効果と、海氷対策のためのコスト、航海料金増加、環境負荷等。（Liu, & Kronbak, 2010; Yumashev et al., 2017など）

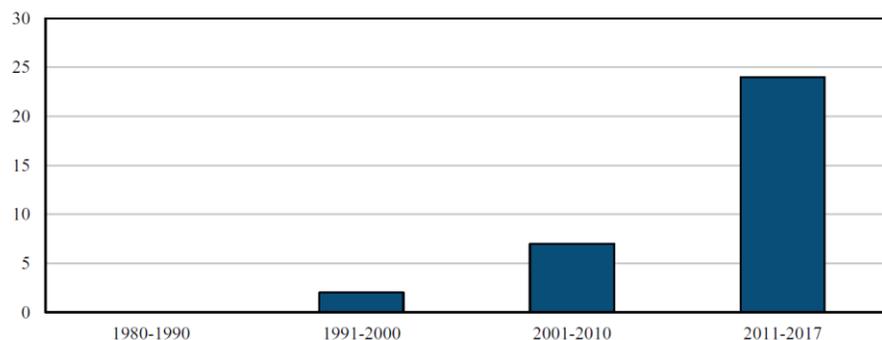


Fig. 1. Number of articles published between 1980 and 2017.

図表1 NSRに関する研究量推移

Theocharis, D., Pettit, S., Rodrigues, V. S., & Haider, J. (2018). Arctic shipping: A systematic literature review of comparative studies. *Journal of Transport Geography*, 69, 112-128.

メリット

1. 航海日数の短縮
2. 燃料費削減による輸送コストの低下
3. コンテナ内の温度が高くない

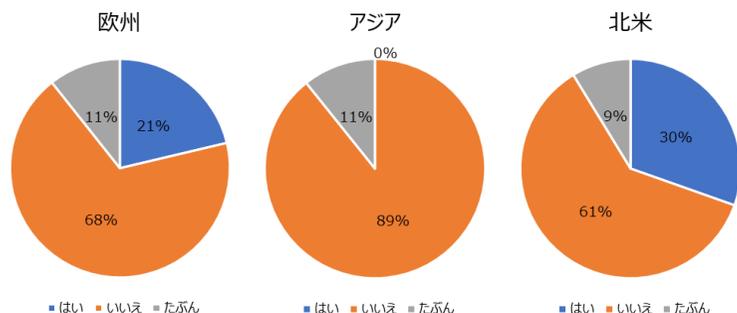
デメリット

1. 定時性の確保の難化（遅延リスク）
2. 耐氷性能や航海支援のための追加費用
3. コンテナ内の温度が低い

問題意識

◆ 本研究の目的

- NSRの有用性を示す結果も出ているものの、**関心を持っている企業は限定的**である。
- 先行研究ではマクロ的な経済効果や環境負荷効果の分析が中心で、**企業目線での需要分析**はほとんどされてこなかった。そのため、そもそも**荷主がどのような点を重視**しており、**潜在的にどのような需要があるか**分からない。



- 企業が**運送において重視する要素**が分からないと、NSRの改善点すべき点・アピールすべき点が分からない。
- 政策介入をしようにも、**需要**が分からない限り適切な戦略が立てられない（EBPMが出来ない）。
- **産業毎の需要**が分からないと、特にどのような産業にNSRを啓発していけばよいか分からない。

図表2 北極海航路の運用を計画しているか（海運会社・2011年）

Research Question

1. ヨーロッパへの輸出において、荷主は航路の各要素をどの程度重視しているか。
2. 北極海航路の潜在的な需要はどのくらいあるのか。それは運送費によってどのように変化するか（需要曲線）。
3. 北極海航路はどのような産業において特に潜在的な需要があるか。

研究手法：コンジョイント分析

◆ 分析方法：コンジョイント分析

- 選択型コンジョイント分析を行う。選択コンジョイント分析では、ランダム効用理論に基づき、条件付ロジットモデルによってパラメータを推定する。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \langle \text{ランダム効用モデル} \rangle$$

- U_{ij} : 標本*i*における選択肢*j*に対する全体効用
- V_{ij} : 効用の内観察可能な部分
- ε_{ij} : 効用の内観察不可能な誤差項

- 選択肢の集合*C*の中から選択肢*j*が選択される確率 P_{ij} は以下。ただし、誤差項は独立且つ同一のガンベル分布に従うと仮定する。

$$P_{ij} = Pr(U_{ij} \geq U_{ik}; \forall k \in C)$$
$$= Pr(V_{ij} - V_{ik} \geq \varepsilon_{ik} - \varepsilon_{ij}; \forall k \in C) \quad \rightarrow \quad P_{ij} = \frac{\exp(\sigma V_{ij})}{\sum_j \exp(\sigma V_{ij})}$$

- 効用の内観察可能な部分*V*は、属性変数*x*と負担額*p*、パラメータ β によって以下の線形関数で定義する。

$$V = \sum_k \beta_k x_k + \beta_p x_p$$

- この時、属性*x*が1単位増加した時の限界支払意思額は以下のようなになる。

$$MWTP_{x_k} = \frac{dp}{dx_k} = -\frac{\beta_k}{\beta_p}$$

研究手法：コンジョイント分析

◆ データ

- 調査時期：2021年1月27日～2月1日
- 調査対象：調査会社の保有する20歳～69歳の登録モニタ。インターネット調査。

1. 自社の製品や生産物をヨーロッパに輸出している。
2. コンテナ船で海上輸送を行っている。
3. 「輸送にかかる費用」「輸送にかかる日数や納入のスケジュール」「輸送環境が製品や生産物の品質に与える影響」「海外市場での製品や生産物の需要や競争相手」の4項目について、全て「やや知っている」以上に知っている。

- サンプルサイズ：条件に合致する人637名、15,288。

図表3 選択実験における属性と水準

属性	属性概要	水準			
渡航日数(日)	日本～ヨーロッパ間にかかる渡航時間 目的地間のPortToPortの時間を参照する	20日	35日		
遅延率(%)	目的の港に着くまでに1日以上が遅延が発生する確率 遅延の日数は1～3日に収まるものとする	20%	60%		
コンテナ内温度(℃)	輸送中のコンテナ内の温度 範囲内で温度は変化する	5～20℃	15～45℃		
運送費(\$/FEU)	FEUは40フィートコンテナ(67m ³)貨物の場合の料金	1700\$/FEU	2200\$/FEU	2700\$/FEU	3200\$/FEU

研究手法：コンジョイント分析

◆ 実際の調査画面

これから8問、8月～9月のヨーロッパ向けの海上輸送の条件について様々なケースを2つずつ提示します。ケースを良くご覧いただき、それぞれについて**現在使っている輸送航路が使えなくなったと仮定**して、「ヨーロッパへの輸送で利用したいと思う」方をお選びください。

渡航頻度や、コンテナ内湿度等の輸送環境などケースに書かれていない条件は、普通の輸送に合わせてもらって構いません。リーファーコンテナを使用したり、海上保険に加入したり、危険物を輸送する際には普段と同様の追加料金が発生しますが、これらはケース内の料金に含まれていません。発着港も普通の輸送で使っている場所を想定してください。

現在ヨーロッパ向けに海上輸送をしていない人は、もしヨーロッパ向けに海上輸送をするようになったらどうするかをお答えください。

ただし、提示されたケースではヨーロッパへの輸出自体が難しい場合は、「輸出をやめる／行わない」をお選びください。

各ケースでは、以下の4つの要素の組み合わせについて提示します。

- 渡航日数（日）：日本～ヨーロッパ間にかかる海上輸送時間（目的地間のPortToPortの時間）
 - 遅延率（%）：目的地の港に着くまでに1～3日の遅延が発生する確率
 - コンテナ内温度（℃）：輸送中のコンテナ内の温度
 - 運送費（\$/FEU）：日本～ヨーロッパ間にかかる海上輸送費用（目的地間のPortToPortの基本運賃）
- ※FEUは40フィートコンテナ（67mi）貨物の場合の料金

図表4 調査前の説明文

例として2つのケースを示します。

Aのケースでは、日本の発送地から**35日**かけてヨーロッパの目的地まで**2200\$/FEU**で運航します。1～3日の遅延をする可能性は**20%**で、コンテナ内の温度は**5～20℃**で変化しています。

Bのケースでは、日本の発送地から**20日**かけてヨーロッパの目的地まで**2700\$/FEU**で運航します。1～3日の遅延をする可能性は**60%**で、コンテナ内の温度は**5～20℃**で変化しています。

	ケースA	ケースB
渡航日数(日)	35日	20日
遅延率(%)	20%で遅延する	60%で遅延する
コンテナ内温度(℃)	5~20℃	5~20℃
輸送費(\$/FEU)	2200 \$	2700 \$

図表5 調査前の例示

[連番].

あなたはどちらのケースをヨーロッパへの輸送で利用したいと思うでしょうか。

あるいは、どちらも使いたくないと思うでしょうか。

次の3つからお選びください。

	ケースA	ケースB
渡航日数(日)	35日	20日
遅延率(%)	20%で遅延する	60%で遅延する
コンテナ内温度(℃)	5~20℃	5~20℃
輸送費(\$/FEU)	2200 \$	2700 \$

(ひとつだけ) **【必須】**

- Aを使って輸送したい
- Bを使って輸送したい
- 輸出をやめる/行わない

図表6 実際の選択画面

推定結果

◆ 推定結果：荷主は何を重視して航路選択をしているか

- 「渡航日数」「遅延率」「コンテナ温度」「運送費」は全て有意で、航路選択行動に影響（図表7）。
- 標準化係数の比較では、**運送費** > **遅延率** > **渡航日数** > **コンテナ内温度**の順で影響を与えていた。また、コンテナ内温度は低い方が好まれる傾向（図表8）。

- 渡航日数を1日減らすことに対する限界支払意思額は31.7\$/FEU。
- 遅延率を1%減少させることに対する限界支払意思額は35.2\$/FEU。
- コンテナ内温度を「15～45℃」から「5～20℃」に変更することに対する限界支払い意思額は456.0\$/FEU。

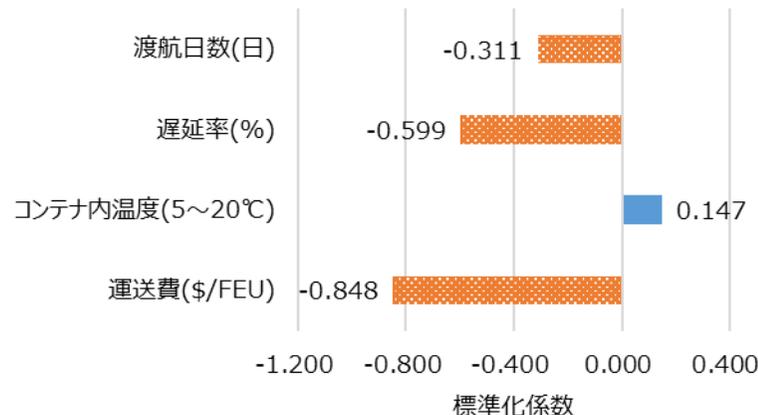
図表7 コンジョイント分析の推定結果（主モデル）

変数	係数	標準化係数	限界支払意思額	p値
渡航日数(日)	-0.022	-0.311	31.7	0.00 **
遅延率(%)	-0.024	-0.599	35.2	0.00 **
コンテナ内温度(5～20℃)	0.311	0.147	456.0	0.00 **
運送費(\$/FEU)	-0.001	-0.848		0.00 **
選択肢固有定数項	5.207			0.00 **
Pseudo R2		0.3108		
n		15288		

注1: **p<0.01, *p<0.05。

注2: 条件付きロジットモデルで推定。P値はクラスターに頑健な標準誤差から算出している。

注3: 定数項を除く4つの変数の中で、「コンテナ温度」のみダミー変数。基準は「15～45℃」。



図表8 推定結果の標準化係数

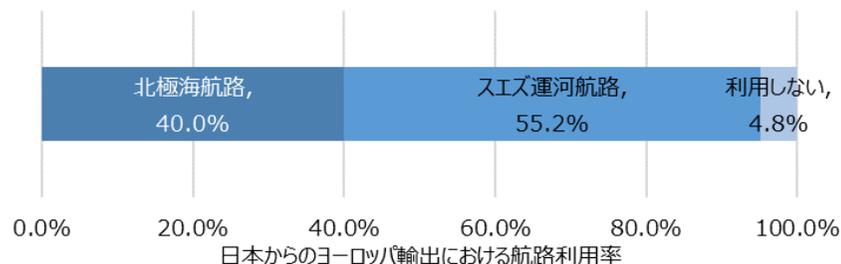
推定結果

◆ シミュレーション：NSRの需要曲線とスエズ運河航路との比較

- NSRの利用率をシミュレーションする。シミュレーション時の仮定条件は図表9のとおり。
- スエズ運河航路と**同運送費だった場合の選択確率は40.0%**（図表10）。現在は情報不足、慣例、利用条件の厳しさで利用されていないが、40.0%の潜在的需要*がある。
- スエズ運河航路並みの需要になるには運送費を**約1750\$/FEU**に（図表11）。荷主が**定時性を非常に重視**しているため、同価格ではスエズ運河航路の方が需要がある。

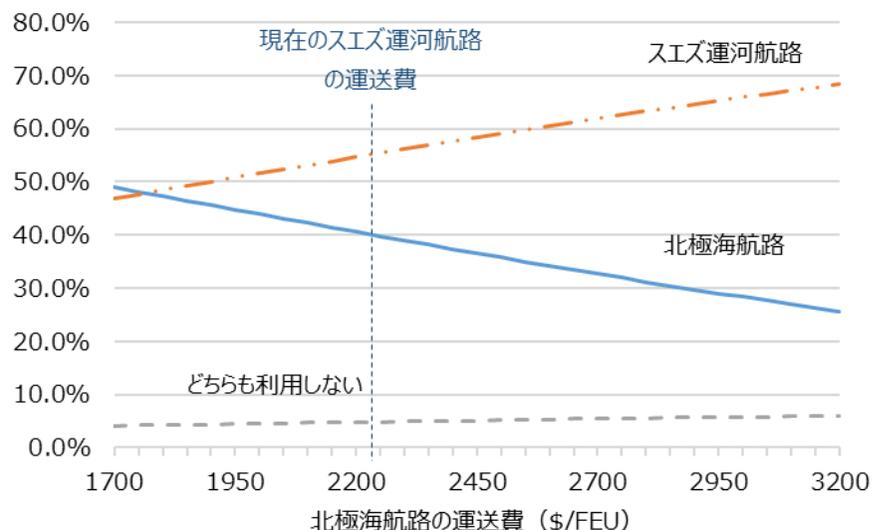
図表9 シミュレーション時の条件

変数	北極海航路	スエズ運河航路
渡航日数(日)	20日	35日
遅延率(%)	60%	20%
コンテナ内温度	5~20℃	15~45℃
運送費(\$/FEU)	2237.5\$/FEU	2237.5\$/FEU



図表10 運送費が同価格（2237.5\$/FEU）の場合の航路利用率シミュレーション

日本からのヨーロッパへの輸出における航路利用率



図表11 北極海航路の需要曲線と他の航路利用率のシミュレーション

* 1度の輸送契約単位での潜在的需要。実際には夏季にしか利用できないことで、長期に同じ航路での契約をしたい場合には避けられるため、需要は小さくなる。

推定結果

◆ シミュレーション：産業ごとの北極海航路需要

図表12 推定結果：生産物品目ごとの結果

変数	生産物品目クロス項	係数	p値
渡航日数(日)	全体	-0.024	0.00 **
	農水産品	-0.002	0.82
	金属機械工業品	0.006	0.18
	化学工業品	0.008	0.15
	軽工業品	0.000	0.95
遅延率(%)	雑工業品	0.013	0.02 *
	全体	-0.022	0.00 **
	農水産品	0.011	0.00 **
	金属機械工業品	-0.002	0.30
	化学工業品	-0.002	0.45
コンテナ内温度(5~20℃)	軽工業品	0.004	0.22
	雑工業品	-0.001	0.57
	全体	0.385	0.00 **
	農水産品	-0.145	0.34
	金属機械工業品	-0.109	0.28
運送費(\$/FEU)	化学工業品	0.007	0.96
	軽工業品	-0.157	0.30
	雑工業品	0.176	0.16
	全体	-0.001	0.00 **
	農水産品	0.000	0.15
定数項	金属機械工業品	0.000	0.03 *
	化学工業品	0.000	0.29
	軽工業品	0.000	0.47
	雑工業品	0.000	0.40
	選択肢固有定数項	4.579	0.00 **
	Pseudo R2	0.3127	
	n	15288	

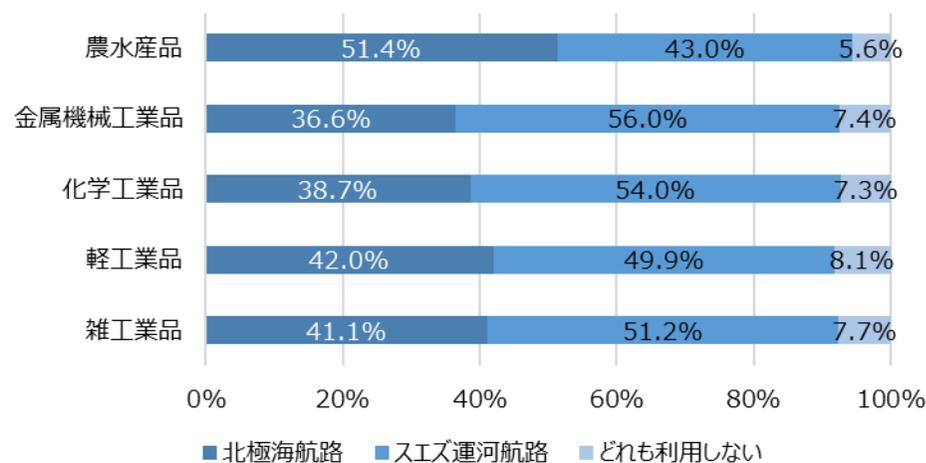
注1: **p<0.01, *p<0.05。

注2: 条件付きロジットモデルで推定。P値はクラスターに頑健な標準誤差から算出している。

注3: 定数項を除く4つの変数の中で、「コンテナ温度」のみダミー変数。基準は「15~45℃」。

注4: クロス項の基準は「その他の生産物品目」となっている。

- サンプルサイズ500以上確保できた5つの生産物品目のクロス項を使ってコンジョイント分析を実施（図表12）。
- NSRの**潜在的な需要が一番大きいのは農水産品**。遅延率をあまり重視していないことが影響（図表13）。
- 製造業内では大きな差はなかったが、**軽工業品・雑工業品**でやや需要が大きく、**金属機械工業品、化学工業品**でやや小さかった（図表13）。



図表13 生産物品目ごとの航路利用率シミュレーション（北極海航路とスエズ運河航路の運送費が同価格（2237.5\$/FEU）と仮定

北極海航路に関するこれまでの研究

◆ Key findings

- 夏季のヨーロッパ向け海上輸送において、NSRの潜在的需要は（スエズ運河航路と同価格の場合）40%ある。幅広く情報提供していくと共に、使いやすい環境を整えることで利用が促進される可能性。ただし、1度の輸送契約単位での潜在的需要を指す。
- 荷主は「定時性」を非常に重視する。遅延率の改善がNSR需要増加に繋がる。
- NSRの潜在的需要が一番大きいのは農水産品。製造業内では、軽工業品・雑工業品でやや需要が大きく、金属機械工業品。化学工業品でやや小さい。特に需要の大きい産業への啓発・情報提供が効果的と考えられる。

ご清聴ありがとうございました