

要旨

チョークポイントとは、物流やエネルギー輸送などの国際的な経済活動や安全保障において、地理的に重要かつ支配力を持つ狭小な交通要所であり、その制御が国家間の力学を大きく左右する地点である。チョークポイントに関する従来の研究では、リスクや影響を定量的に評価する試みがなされてきた。しかし、チョークポイント自体は非常に曖昧な文章的定義に依存しており、基本的にその上でこれらのような数学的理論を組み立てている。そのため現状の定義では、有事の際の迅速な分析や動的な評価を行うことが困難である。そこで本研究は、チョークポイントを「ネットワーク全体のパフォーマンスに対する特定ノードの影響度」として数学的に定義し、その地点を通る船舶数、最大積載量、輸送品目の重要度を考慮したモデルを構築した。さらに、この定義を通じて平時および戦時におけるチョークポイントの影響を動的に評価する方法や、有事の際の新たなシーレーンの構築を提案する。

キーワード：地政学 シーパワー チョークポイント 外交 安全保障

I. はじめに

1. 地政学とは

地政学は、国家の生存戦略を地理的要因に基づいて分析する学問であり、特に政治経済、安全保障、国際関係、外交政策にどのような影響を及ぼすかを研究するものである。この学問は戦争に関連する側面のみならず、貿易や経済活動とも密接に関わりを持つ。また、国家の力や影響力を考察する上で、「シーパワー」と「ランドパワー」の概念が重要である。シーパワーとは、海洋を活用して国家の影響力を拡大する能力を指し、典型例として日本イギリス、アメリカ合衆国などが挙げられる。一方で、ランドパワーは陸地を基盤とする国家の力であり、ロシアや中国がその例である。これらの背景の中で、特に注目すべきなのが「チョークポイント」と呼ばれる地理的要衝である。チョークポイントとは、交通や物流が集中する狭い地理的要所であり、その

制御が貿易や軍事行動を大きく左右する点にその重要性がある。具体例として、スエズ運河、パナマ運河、マラッカ海峡が挙げられる。

2. 研究の背景

チョークポイントに関する従来の研究では、リスクや影響を定量的に評価する試みがなされてきた。たとえば、清水・中野 (2018) はセキュリティエネルギー指標を用いて、チョークポイントリスクやカントリーリスクを定量的に比較した。この研究では、輸出相手国の化石資源シェアやカントリーリスク、チョークポイントリスクを組み込んだ指標が提示されている。ここでは、 P_{if} を輸出相手国 i の化石資源 f のシェア、 r_{if} を化石資源 f の輸出相手国 i のカントリーリスク、そして k_{if} を化石資源 f の輸出相手国 i との間のチョークポイントリスクとしてこの式で表される。

$$SWI3f = -i \sum r_{if} \cdot k_{if} \cdot P_{if} \cdot \log(P_{if})$$

また、鳥海・高嶋（2013）は、輸送ルート
の固定化されたチョークポイントにおける
地政学的リスクを「チョークポイント比率」
に基づいて評価した。この指標は、最大積載
量や輸送ルート上のチョークポイント数に
基づくものであり、輸送の効率性やリスク
を分析することを目的としている。a 国に
N 回の輸送を行うときの i 番目の最大積載
量を m_i 、i 番目の輸送で通るチョークポ
イントの数を S_i とすると、チョークポイント
比率は

$$CPR(a) = \sum (m_i \times s_i) / (\sum m_i) \cdot 100$$

と表される。

しかし、これらの研究は主にチョークポ
イントを文章的な定義に依存しており、その
分析において曖昧さが残っているという課
題がある。また、現状の定義では、有事の際
の迅速な分析や動的な評価を行うことが困
難となっている。

そのため私は、チョークポイントの数式に
よる定義と、要素となりえるその要衝の「重
要度」の評価を行うにあたり、チョークポ
イントは定点を通る航行船舶数及びそれらの
最大積載量、そして重要度はその場所を通
る積載物の種類から定義できるのではない
かと予想した。

II. 手法

1) 本研究の目的

本研究はチョークポイントを数式を用い
て定義することで、物流要衝の重要性を客
観的に評価することで国家及び経済安全保

障の強化に貢献することを目的とする。こ
こでチョークポイントの絶対定義に必要な
要素として特定ノードを通過する船舶の数、
船舶の最大積載量、輸送品目の重要度を考
え、これらを用いて数式的にチョークポ
イントの特性を明確化し、動的かつ汎用的な
評価モデルの構築を行った。

2) 研究の手順と過程

本研究では、チョークポイントを「ネット
ワーク全体のパフォーマンスに対する特定
ノード(地点)の影響度」として捉える。ネッ
トワークにおける中心性指標をシーレーン、
そしてノードに拡張することにより、この
特定ノード i における影響度は以下の式で
表されることが妥当であろうと考えた。

$$C_i = E_i \cdot f_i / F$$

ここで、 C_i はノード i のチョークポイン
ト度（すなわちノード i が世界の物流や経
済にどれほどの影響を与えるか）、 f_i はノ
ード i を通過するフロー（交通量、隻）、 F
はネットワーク全体のフローの総量（全ノ
ードを通るフローの合計）、そして E_i がノ
ード i の重要度を示す。この先の研究ではこ
の E_i を以下のように定義する。

3) ノード i の重要度

その地点を通る品物の分類ごとに世界へ
の影響度を定める。また、本研究においては
期間 T を 1 年間として定める。期間 T にお
けるノード i の重要度の一般化において、
以下 $k=1,2,...,n$ 、 m_k を期間 T にノード i を
通った船 k の最大積載量 [kg]、 M_e を積載

物eの期間Tにおける世界価格平均[\$/kg],
Peを積載物eの期間Tにおける輸送品目の
内重量ベースで占める割合とすると、以下
の式においてノードiの重要度は与えられ
ると考えられる。

$$E_i = (\sum m_k) \cdot (\sum M_e \cdot P_e)$$

この式をチョークポイント度の式に代入す
ることによって最終的に、チョークポイン
トの絶対的な定義は以下の式で一般化され
る。

$$C_i = (\sum m_k) \cdot (\sum M_e \cdot P_e) \cdot f_i / F$$

これにより、各地点を通過する物流の経済
的影響を数値化することが可能となる。

III. 結果

地政学的チョークポイントは、世界の物流
と経済において極めて重要な役割を果たす。
特にマラッカ海峡は、アジアと中東、ヨーロ
ッパを結ぶ物流の要であり、年間約8万隻
の船舶が通航している。本研究では、1994
年、2004年、及び2023年のデータを用い、
理論的チョークポイント度の計算式を適用
して検証する。

1) 船種別データ

1994年及び2004年のマラッカ海峡を通
過する船舶に関するデータを以下に示す。
これより先の議論はより詳細な分析を行う
ため、エネルギー分野のみで、更に品物を船
種ごとに行う。

マラッカ・シンガポール海峡における通航量

1-1 船種別通航量[隻数・重量トン数]

船種	隻数			重量トン数(千M/T)		
	1994年	2004年	増減率	1994年	2004年	増減率
タンカー	18,185	22,995	1.26	1,192,339	1,857,067	1.56
コンテナ船	15,295	29,672	1.94	399,508	1,013,552	2.54
RORO船	3,041	4,454	1.46	40,468	59,771	1.48
散積船	10,280	13,599	1.32	503,176	772,555	1.54
LNG/LPG	2,935	3,933	1.34	111,739	138,636	1.24
一般貨物船	23,080	14,064	0.61	202,527	133,560	0.66
その他	2,245	5,038	2.24	53,998	14,180	0.26
総計	75,061	93,755	1.25	2,503,755	3,969,321	1.59

出展：マラッカ・シンガポールにおけるデ
ータ：国土交通省

<https://www.mlit.go.jp/common/000010098.pdf>

2) 市場価値データ・算出方法

積荷1トンあたりの価格 = 積荷の総市
場価値 ÷ 積載量総トン数
(積載量総トン数は、船舶の総重量トン数に
基づく推定)

2-1) タンカー（原油・石油製品）

1994年

原油価格：約17 USD/バレル（1バレル =
約0.136トン）

1トンあたり = 17 ÷ 0.136 = 約125
USD

2004年

原油価格：約38 USD/バレル

1トンあたり = 38 ÷ 0.136 = 約280
USD

2023年

原油価格: 約 73 USD/バレル (1 バレル = 約 0.136 トン)

1 トンあたり = $73 \div 0.136 =$ 約 540 USD

(World Bank, 2023; U.S. Energy Information Administration, 2023)

2-2) コンテナ船 (工業製品・消費財)

推定平均市場価格

1994 年: 約 1,500 USD/トン

2004 年: 約 2,500 USD/トン

2023 年: 約 4,000 USD/トン

2,500 USD/トン $\times$ 約 1.6 (インフレ・高付加価値化の影響)

(World Bank, 2023; International Chamber of Shipping, 2023)

(コンテナ船の貨物は電子機器, 衣料品, 部品など高付加価値な製品が多いため)

2-3) RORO 船 (車両輸送)

自動車平均価格を基に推定

1994 年

平均車両重量: 約 1.2 トン/台

自動車平均価格: 10,000 USD/台

1 トンあたり = $10,000 \div 1.2 =$ 約 8,300 USD

2004 年

自動車平均価格: 15,000 USD/台

1 トンあたり = $15,000 \div 1.2 =$ 約 12,500 USD

2023 年

自動車平均価格: 30,000 USD/台

1 トンあたり = $30,000 \div 1.2 =$ 約 25,000 USD

(OICA, 2023; Automotive News, 2023)

2-4) ばら積み船 (鉄鉱石・石炭・穀物)

1994 年

鉄鉱石: 35 USD/トン

石炭: 25 USD/トン

穀物 (小麦・トウモロコシ): 約 150 USD/トン

平均: 約 70 USD/トン

2004 年

鉄鉱石: 55 USD/トン

石炭: 55 USD/トン

穀物: 約 180 USD/トン

平均: 約 100 USD/トン

2023 年

鉄鉱石: 120 USD/トン

石炭: 140 USD/トン

穀物: 約 250 USD/トン

平均: 約 120 USD/トン

(World Bank, 2023; International Energy Agency, 2023)

2-5) LNG/LPG 船

1994 年

LNG 価格: 約 3 USD/MMBTU

1 トンの LNG = 約 50 MMBTU

1 トンあたり = $3 \times 50 =$ 約 150 USD

2004 年

LNG 価格: 約 6 USD/MMBTU

1 トンあたり = $6 \times 50 =$ 約 300 USD

2023 年

LNG 価格: 約 13.3 USD/MMBTU

1 トンあたり = $13.3 \times 50 =$ 約 665 USD

(International Gas Union, 2023; U.S. Energy Information Administration, 2023)

3) 航行船舶・総市場価値データ

3-2) 2004 年のデータ

3-1) 1994 年のデータ

船種	通航隻数	総重量ト ン数 (千 M/T)	平均積 載量 (DWT /隻)	積載 率
タンカー	18,185	1,192,339	33,350	90%
コンテナ 船	15,295	399,508	33,240	70%
RORO 船	3,041	40,468	34,130	65%
ばら積み 船	10,280	503,176	33,380	85%
LNG/LP G 船	2,935	111,739	36,900	95%

船種	積載物重 量 (千 M/T)	積載物の 市場価値 (USD/ トン)	積載物の 総市場価 値 (百万 USD)
タンカー	1,073,105	125	134,138
コンテナ 船	279,656	1,500	419,484
RORO 船	26,304	8,300	218,323
ばら積み 船	427,699	70	29,939
LNG/LPG 船	106,152	150	15,923

船種	通航隻 数	総重量ト ン数 (千 M/T)	平均積 載量 (DWT /隻)	積載 率
タンカー	22,995	1,857,067	43,180	90%
コンテナ 船	29,672	1,013,552	42,990	70%
RORO 船	4,454	59,771	25,060	65%
ばら積み 船	13,599	772,555	42,050	85%
LNG/LP G 船	3,933	138,636	28,560	95%

船種	積載物重 量 (千 M/T)	積載物の 市場価値 (USD/ トン)	積載物の 総市場価 値 (百万 USD)
タンカー	1,671,360	280	468,001
コンテナ 船	709,486	2,500	1,773,715
RORO 船	38,851	12,500	485,638
ばら積み 船	656,672	100	65,667
LNG/LPG 船	131,704	300	39,511

3-3) 2023年のデータ

船種	通航隻数	総重量トン数 (千M/T)	平均積載量率 (DWT/隻)	積載率
タンカー	20,154	920,594	45,660	90%
コンテナ船	24,617	1,376,078	55,900	70%
RORO 船	2,386	59,771	25,060	65%
ばら積み船	18,367	772,555	42,050	85%
LNG/LPG 船	4,855	138,636	28,560	95%

船種	積載物重量 (千M/T)	積載物の市場価値 (USD/トン)	積載物の総市場価値 (百万USD)
タンカー	828,535	540	447,410
コンテナ船	963,254	4,000	3,853,016
RORO 船	38,851	25,000	971,275
ばら積み船	656,672	120	78,801
LNG/LPG 船	131,704	665	87,383

4) チョークポイント度の比較

4-1) 1994年のデータ

船種	Σmk (千M/T)	$\Sigma Me * Pe$ (USD/T)
タンカー	1,345,775	230
コンテナ船	533,021	2,200
RORO 船	27,369	10,000
ばら積み船	449,413	90
LNG/LPG 船	89,743	280

船種	fi (隻)	F (隻)	Ci (百万USD)
タンカー	18,185	75,061	92,878
コンテナ船	15,295	75,061	1,176,582
RORO 船	3,041	75,061	40,580
ばら積み船	10,280	75,061	54,881
LNG/LPG 船	2,935	75,061	31,674

4-2) 2004年のデータ

船種	Σmk (千M/T)	$\Sigma Me * Pe$ (USD/T)
タンカー	1,671,360	280
コンテナ船	709,486	2,500
RORO 船	38,851	12,500
ばら積み船	656,672	100
LNG/LPG 船	131,704	300

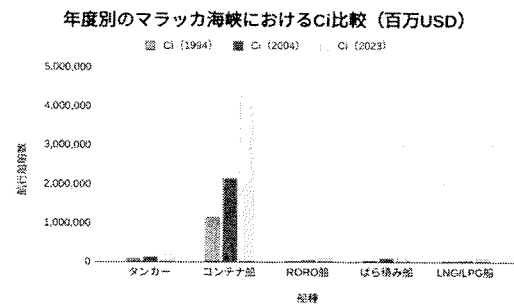
船種	f (隻)	F (隻)	Ci (百万 USD)
タンカー	22,995	93,755	140,212
コンテナ船	29,672	93,755	2,162,104
RORO 船	4,454	93,755	59,769
ばら積み船	13,599	93,755	94,105
LNG/LPG 船	3,933	93,755	53,878

4-3) 2023 年のデータ

船種	Σmk (千 M/T)	$\Sigma Me * Pe$ (USD/T)
タンカー	828,535	540
コンテナ船	963,254	4,000
RORO 船	38,851	25,000
ばら積み船	656,672	120
LNG/LPG 船	131,704	665

船種	f (隻)	F (隻)	Ci (百万 USD)
タンカー	20,154	89,390	201,047
コンテナ船	24,617	89,390	4,256,715
RORO 船	2,386	89,390	126,784
ばら積み船	18,367	89,390	98,876
LNG/LPG 船	4,855	89,390	113,259

4-4) チョークポイント度の比較グラフ



IV. 考察

1) 物流量およびチョークポイント度の変遷

マラッカ海峡におけるチョークポイント度を適用した分析から、多くの重要な知見が得られた。特に、物流量の増加とともにチョークポイント度が上昇し、経済的重要性が高まっていることが明らかとなった。1994年から2004年にかけて、マラッカ海峡を通航する船舶の物流量は大幅に増加し、それに伴いチョークポイント度も上昇した。特に、原油タンカーとコンテナ船において顕著な変化が見られた。原油タンカーの通航隻数は約20%増加し、総積載量は約56%増加したことで、チョークポイント度も1994年の182,786百万USDから2004年には215,678百万USDへと約18%上昇した。

一方、コンテナ船は通航隻数が96%増加し、積載量が150%増加したため、そのチョークポイント度も1994年の1,611,498百万USDから2004年には1,846,359百万USDへと約15%上昇した。2023年のデータでは、マラッカ海峡を通航する船舶数が過去最大の89,390隻に達し、特にVLCC

(超大型原油タンカー)、バルクキャリア、コンテナ船の通航隻数が急増している。これにより、原油タンカーのチョークポイント度は2004年の215,678百万USDから2023年には999,782百万USDへと約4.6倍に急増した。これは原油価格の上昇(1トンあたり280USDから540USDへ)と積載量の増加が要因であり、マラッカ海峡のエネルギー輸送の要衝としての役割をさらに強めていることを示している。

また、コンテナ船のチョークポイント度も2004年の1,846,359百万USDから2023年には4,054,208百万USDへと約2.2倍に増加した。これは通航隻数の増加(24,617隻)だけでなく、輸送貨物の市場価値が上昇したこと(1トンあたり2,500USDから4,000USDへ)が主な要因である。コンテナ船が輸送する貨物は世界経済の中心的な製品群であり、この増加はマラッカ海峡が国際貿易の生命線であることを改めて示している。

コンテナ船の影響力の増加により、マラッカ海峡の物流ネットワークにおける役割も大きく変化した。2004年の時点で、最もチョークポイント度が高かったのはコンテナ船であり、積荷の市場価値の高さ、通航隻数の増加、積載効率の向上がその要因となった。特に、東アジアと欧州・北米間の貿易において、マラッカ海峡の安定性が物流の安定に直結することが明らかになった。

加えて、コンテナ船の影響力の増加は、港湾インフラの整備にも大きな影響を与えた。シンガポール港やマレーシアのタンジュン・ペラパス港をはじめとする主要港湾の設備投資が増加し、大型船舶の寄港を前提としたターミナル拡張が進められた。その結果、マラッカ海峡周辺の港湾競争が激化

し、各国がハブ港としての地位を確立するための競争を繰り広げることとなった。一方で、これに伴う海峡の混雑も深刻化し、航行リスクが増大する要因ともなったと考えられる。

チョークポイント度を用いた分析により、マラッカ海峡の地政学的重要性が明確に表すことができる。この指標は単なる通航隻数や積載量だけでなく、輸送される貨物の市場価値を考慮するため、国際経済や政治に及ぼす影響をより精密に測ることができる。1994年から2023年にかけてのデータを見ると、マラッカ海峡は単なる物理的な狭隘航路ではなく、世界経済における「価値の集中心」としての役割を強めていることがわかる。特に、エネルギーと工業製品の輸送において、マラッカ海峡が封鎖されると世界経済に与える影響は計り知れない。これは代替ルートの制約とも密接に関連している。マラッカ海峡を通らない代替ルートは、輸送コストの増加や輸送時間の延長を伴い、現実的には利用が難しいことが明らかになった。そのため、有事や通航制限が発生した場合、世界の物流に重大な影響を及ぼす可能性があることも示唆している。

2) 総合的な考察

以上の分析から、1994年から2023年にかけて、マラッカ海峡の物流チョークポイントとしての役割がますます重要になっていることが確認された。特にコンテナ船の影響力の増加が顕著であり、これが国際貿易におけるシーレーンの安定性に大きな影響を与える要因となっている。

このように、チョークポイント度を用いることにより、特定ノードの重要性の評価だけでなく、積載物の分類ごとの評価をす

ることにより、何の積載物がその地点をチョークポイント足らしめているのかという分析も可能であることがわかった。

さらに、昔のデータであってもチョークポイント度を用いて考察することにより、当時どのような社会であったのか、またどのような品物がその時代における船舶輸送において重要視されていたかなどの海運の背後にある情勢も読み解くことが可能であることも確認された。

V. 理論の応用

日本・サウジアラビア間の代替航路の選定に関する分析

1) マラッカ海峡閉鎖がもたらす影響

マラッカ海峡は、アジアと中東・ヨーロッパを結ぶ世界有数の海上輸送ルートであり、日本にとって不可欠なエネルギー供給ラインを形成している。日本の原油輸入の約80%がこの海域を通過しており、年間約8万隻の船舶が利用する。その大部分が原油タンカーやLNG（液化天然ガス）輸送船である。このシナリオ分析においては、原油タンカーについて着目する。

この海峡が何らかの要因、たとえば地政学的な紛争、海賊活動、あるいは自然災害によって封鎖された場合、日本のエネルギー供給と貿易活動は深刻な影響を受ける。従来の分析では、代替航路の選定は「追加の航行日数」「航行距離」「燃料コスト」という三つの要素に基づいて行われてきた。しかし、これらの要素だけでは航路の脆弱性を十分に評価することはできない。ここで、新たにチョークポイント度を用いることにより、各航路の安全性やリスクを定量的に評価す

ること、より合理的な代替航路の選定の一助とすることができる。

2) 代替航路の特定と評価

マラッカ海峡が封鎖された場合、日本・サウジアラビア間の原油輸送のために考えられる主要な代替ルートとして、スンダ海峡経由、ロンボク海峡経由、そしてオーストラリア南端を回るルートの三つが挙げられる。それぞれのルートについて、チョークポイント度を活用した分析を行い、安全性や経済的影響を詳しく検討する。

スンダ海峡は、インドネシアのジャワ島とスマトラ島の間に位置し、マラッカ海峡の南側にある重要な航路である。このルートを利用する場合、東京湾からスンダ海峡を経てホルムズ海峡に至るまでの総航行距離は約15,000kmとなり、マラッカ海峡経由と比較して約1,500kmの延長が発生する。その結果、平均で約2日間の追加航行が必要となり、通常航路に対しておよそ15%の増加となる。また、燃料コストの増加も避けられず、大型原油タンカーであるVLCC (Very Large Crude Carrier) の場合、一航海あたりの追加コストは約60万ドルに及ぶ。さらに、スンダ海峡の水深は比較的浅いため、大型船舶の通航には一定の制約が生じる点が懸念される。

ロンボク海峡は、インドネシアのバリ島とロンボク島の間に位置し、スンダ海峡よりもさらに南方にある。このルートでは、東京湾からロンボク海峡を通過してホルムズ海峡に至る総航行距離が約16,500kmとなり、マラッカ海峡経由よりも約3,000km長くなる。そのため、航行日数は平均で4日間追加され、燃料コストの増加も避けられ

ない。特に、大型原油タンカーの航行においては、一航海あたり約 120 万ドルの追加コストが発生する。加えて、ロンボク海峡は潮流が非常に強いいため、航行の難易度が高く、安全性の観点からも注意が必要である。

オーストラリア南端を回るルートは、三つの代替航路の中で最も長い距離を要する。このルートでは、東京湾からオーストラリア南端を経由してホルムズ海峡に至るまでの総航行距離が約 19,000km となり、マラッカ海峡経由よりも約 5,500km の延長が発生する。航行日数は平均で 7 日間増加し、燃料コストも非常に高額となる。VLCC の場合、一航海あたりの追加コストは約 200 万ドルに達する可能性があり、物流の効率性を著しく低下させる要因となる。ただし、このルートは地政学的なリスクが比較的低いため、他の航路と比べて安全性の観点では優れていると言える。

3) シナリオ分析と結果の考察

2023 年には、南シナ海の軍事的緊張の影響で、一部のタンカーがマラッカ海峡を回避しスダ海峡を経由した事例があった。このように有事における緊急航路の策定ができることがこのチョークポイント度の持つ最大の強みの一つである。ここで 2023 年において、インドネシア共和国運輸省海運総局と JICA が発表した 21 日間の船舶統計をもとに、2023 年におけるチョークポイント度を推定する。ここで、船舶数のデータは下図。

21 日間の調査において確認された船舶の船数は 988 隻であり、船舶の種類と大きさの分類を下記に示す。

第 3.9-1 表 船舶の種類と大きさ

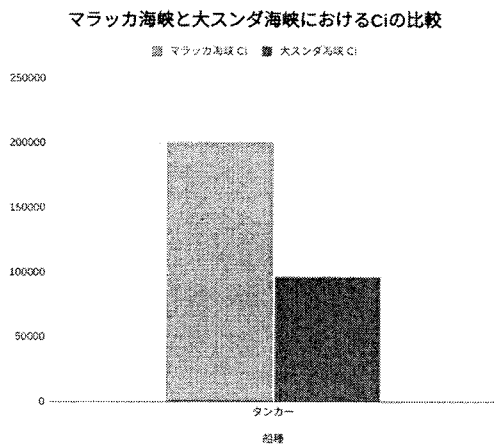
Ship Type Category	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships
Oil Tanker	3	4	20	14	13	10	103	99	342
Container Ship	0	0	96	115	13	2	6	24	295
Other Ship	0	0	198	15	2	0	1	1	281
Other Ship	0	0	87	13	0	0	0	0	80
Total of all ships	3	4	375	217	25	12	100	124	988

今回の調査では、1 日の AIS 搭載船舶数は数学的には 30 隻程度であるが、同名の旅客フェリーについては 1 日に何度も運航されているため、これを 1 隻としてカウントしている。

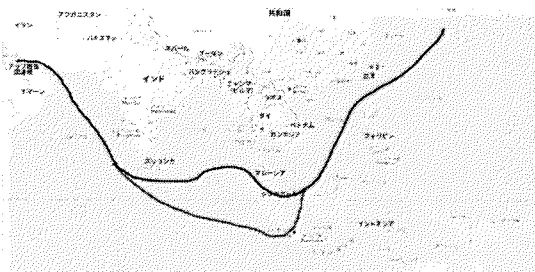
これより、2023 年の大スダ海峡におけるチョークポイント度やその他関連データは下図。

船種	原油タンカー
Σmk (千 M/T)	828,535 (マラッカ海峡と同様の推定値)
$\Sigma Me * Pe$ (USD/T)	540
f_i (隻)	3,772
F (隻)	17,346
チョークポイント度 (Ci) [百万 USD]	約 97,172

よって、2023 年におけるマラッカ海峡と大スダ海峡のチョークポイント度の比較グラフは下図である。



また、大スンダ海峡を通る場合の航路は下図赤線である。



ここでチョークポイント度及び先程述べた大体コストを勘案すると、スンダ海峡経由が最も安全度の高い航路の選択肢として特定することができる。燃料消費量の増加や輸送コストの上昇はあるものの、物流の安定性を維持できる可能性が高い。

さらに、チョークポイント度を活用した分析を行うことで、従来の方法と比較して包括的な影響評価が可能となり、単なる燃料コストの計算にとどまらず、通過する貨物の経済的重要性を考慮した総合的なリスク評価が実現された。また、市場価格や地政学的リスクの変動に応じてチョークポイント度の値を調整し、リアルタイムで最適な輸送ルートを選定できる仕組みが提供された。さらに、日本のエネルギー安全保障

の観点から、単純なコスト計算ではなく、リスクを最小化しつつ経済性を維持するルート選定の一助となり得ることが示唆された。

本研究では、日本・サウジアラビア間の原油輸送における代替航路の選定を行い、チョークポイント度を活用した新たな分析手法の有効性を検証した。その結果、スンダ海峡経由が最も現実的な選択肢として浮上し、従来の分析手法と比べても合理的なリスク評価が望めることが示唆された。今後、地政学的リスクや海洋環境の変化に応じたさらなる分析が求められるが、本研究の手法を活用することで、日本のエネルギー輸送の安定性を高める新たな航路の開拓が可能となるであろうと考えられる。チョークポイント度を用いる代替航路を策定する一番の利点は、数多ある選択肢を数学的に順位付けできることである。これにより、緊急時であっても迅速に合理的な判断を下すことができ、国家の経済安全保障に寄与することができる。

VI. 理論の進化と今後の展望

本研究で提案したチョークポイントの数理モデルをさらに深化させるためには、複数の視点からの拡張が必要である。従来の研究では、物流量と経済的価値を中心に評価を行い、チョークポイントの絶対的重要性を数式的に定義することを目的としていた。しかし、現実世界においてチョークポイントの影響は一定ではなく、時系列的な変動や多要素的な評価を考慮する必要がある。そのため、本研究では以下の二つの方向性を軸に理論の進化を目指す。

1) 時系列解析を用いた動的評価

チョークポイントの影響は固定的ではなく、経済情勢、戦争、自然災害、貿易協定の変更などの外的要因によって変動する。このような変動を定量的に評価するために、時系列データを用いた分析が不可欠である。具体的には、物流量 $L(t)$ 、経済価値 $V(t)$ 、地政学的リスク $R(t)$ を時間 t に依存する関数として定義し、それらの変動を解析する。

$$I(t) = \alpha L(t) + \beta V(t) + \gamma R(t)$$

ここで、 α, β, γ はそれぞれの変数の影響度を表す係数である。この式は、各要因がチョークポイントの重要度にどのように寄与するかを示しており、係数の調整により特定の要素の重み付けが可能となる。

さらに、短期的な変化をより精緻に把握するために、指数平滑化モデルを用いる

$$S_t = \lambda X_t + (1 - \lambda) S_{t-1}$$

ここで、 S_t は時点 t における平滑化された影響力、 X_t は生データ、 λ は平滑化係数であり、 $0 < \lambda < 1$ の範囲を取る。この手法を用いることで、過去のデータに基づいた予測が可能となり、急激な変動にも対応できる。

2) シャプレー値を用いた解析

物流ネットワーク全体を考慮し、グラフ理論を用いた解析を行う。ネットワークの脆弱性を評価するためにシャプレー値 (Shapley value) を導入し、各ノードの寄与度を測定する。

$$\phi_i(v) = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(n - |S| - 1)!}{n!} (v(S \cup \{i\}) - v(S))$$

ここで、 $v(S)$ はサブセット S によるネットワークの影響度関数を表す。この指標を用いることで、個々のノードがネットワーク全体の機能にどの程度貢献しているか

を評価できる。

3) 今後の展望

本研究の成果を踏まえ、今後の研究課題として以下の方向性が考えられる。

3-1) 人工知能を活用したリアルタイム分析モデルの構築

物流ネットワークの変動を即座に検出し、動的なリスク評価を行うために、AI を活用したモデルの開発が必要である。特に、機械学習アルゴリズムを用いた異常検知手法を導入することで、異常な変動を迅速に特定し、リスク管理を強化できる。

3-2) 衛星データを活用した実測値との比較検証

実際の物流データや衛星観測データと理論モデルを照合し、より実用的な評価指標を開発することが期待される。これにより、チョークポイントの影響を現実世界のデータと照らし合わせながら評価し、モデルの精度を向上させることが可能となる。

VII. チョークポイント度の悪用防止策

世界の貿易とエネルギー供給において、チョークポイントは極めて重要な役割を果たしている。しかし、特定の国家や武装組織がこれらの要所を悪用することで、物流の混乱や経済的損失、安全保障上のリスクが生じる可能性がある。そのため、チョークポイントの安定性を確保するためには、政治的・経済的・技術的・軍事的な側面から包括

的な対策を講じる必要がある。

まず、政治的な観点からは、チョークポイントの自由航行を保障する国際的な枠組みを強化することが求められる。現在、スエズ運河やマラッカ海峡などの要所は特定の国や国際機関によって管理されているが、より厳格な法的規制と多国間協力の枠組みを整備することで、危機発生時の対応を明確化することができる。例えば、国際海事機関（IMO）や国連を通じて、経済制裁や軍事的抑止を含む包括的な協定を締結することが考えられる。また、チョークポイントを管理する沿岸国との連携を強化し、共同監視体制を構築することも重要である。さらに、地域紛争がこれらの要所の安定性を脅かす場合には、関係国間の対話を促進し、外交努力を通じて緊張を緩和することが不可欠となる。

経済的な側面では、特定のチョークポイントに依存しない輸送ルートを確認することが重要である。例えば、海上輸送に代わる陸路輸送の拡充が挙げられる。中国が推進する「一帯一路」構想に見られるように、鉄道輸送の活用を強化することで、海上輸送のリスクを軽減することができる。また、地球温暖化によって北極海航路の利用が現実的になりつつあるため、スエズ運河やマラッカ海峡を通らずに輸送を行う新たな選択肢として検討されるべきである。加えて、エネルギー供給の多元化も重要である。日本や EU は中東の原油に大きく依存しているが、アメリカやオーストラリアからの LNG 輸入を拡大することで、チョークポイントの封鎖による影響を最小限に抑えることが可能となる。

技術的な対策としては、監視・防御システムの強化が不可欠である。近年、人工衛星や

ドローンを活用したリアルタイム監視が進化しており、これらを用いた海上警備の強化が求められる。人工衛星による監視データを活用することで、不審船舶の早期発見や海難事故の迅速な対応が可能となる。また、AI 技術を活用した自律航行船の導入によって、航路の混雑を最適化し、チョークポイントでの混乱を最小限に抑えることができる。さらに、近年のサイバー攻撃の増加を踏まえ、港湾管理システムや航行制御システムのサイバーセキュリティを強化することも極めて重要な課題である。

最後に、軍事的な観点からは、海上安全保障の確立がチョークポイントの安定に不可欠である。また、特定の高リスク海域を航行するタンカーや貨物船に対して、防衛装備の強化を検討することも重要である。しかし、これらの重要地点における警備や安全保障を強化することで近隣諸国との摩擦や緊張の高まりを引き起こす可能性があるため、注意をするとともに、外交による対話を定期的に継続することが必要不可欠である。

以上のように、チョークポイントの安定性を確保するためには、政治的枠組みの強化、経済的な輸送ルートの多様化、最新技術の活用、軍事的な抑止力の維持といった多角的な対策が求められる。特に、国際協力を基盤とした監視・共助体制の構築が、今後の最も重要な課題となるであろうことが考えられる。

VIII. 結論

本研究の当初の目的は、特定のノードが世界全体に与える影響を数値化するためのチョークポイント度を数学的に定義し、物

流要衝の重要性を客観的に評価することであった。しかし、本研究の成果により、単にノードの重要性を評価するだけでなく、どのような品目や資源がその地点を戦略的チョークポイントとして際立たせているかの詳細な分析が可能であることも明らかになった。特に本研究で提案した数式モデルは、船種ごとの積載量や市場価値を定量化し、特定ノードの経済的影響を視覚的かつ定量的に示す新たな枠組みを提供している。これにより従来曖昧であったチョークポイントの概念を、動的かつ科学的に評価できる革新的な手法が確立された。

今後の展望としては、有事の際のチョークポイントの比較分析をさらに進めるため、例えばウクライナ侵攻前後のボスポラス海峡におけるチョークポイント度の変化を解析するなど、より時系列的で動的な評価を行うことが挙げられる。これにより本研究の目的の一つである、国際物流の脆弱性評価および戦略的要衝の保護に資するデータ提供を強化し、国家および経済安全保障の強化に貢献することが期待される。本研究のアプローチは、国際社会における持続可能な経済活動の維持と、平和的な資源管理の実現に向けた基礎的知見として幅広い応用可能性を持つものである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご助言とご指導を賜りました鈴木先生及び小野寺先生、また新たな視点に気が付かせていただいた岡部みどり先生、古川知志雄先生に深く感謝の意を表します。

文献

- American Journal of Transportation. (n.d.). Global maritime choke points. American Journal of Transportation. <https://www.ajot.com/premium/ajot-global-maritime-choke-points>
- Automotive News. (2023). Global Car Market Trends. <https://www.autonews.com>
- Clarkson Research Services. (2023, 2024). Shipping Review & Outlook. Clarkson Research.
- Collins, J. M. (2001). Military Geography for Professionals and the Public. National Defense University Press.
- Energy Information Administration. (2023). Malacca Strait Vessel Statistics. <https://www.eia.gov>
- Friedman, G. (2009). The Next 100 Years: A Forecast for the 21st Century. Doubleday.
- International Chamber of Shipping. (2023). Global Maritime Trends. <https://www.ics-shipping.org>
- International Energy Agency. (2023). Coal Market Report 2023. <https://www.iea.org>
- International Gas Union. (2023). World LNG Report 2023. <https://www.igu.org>
- JICA Magazine. (2022, October). ウクライナ侵攻と食料危機 ～人道支援の最前線から～. JICA Magazine. https://jicamagazine.jica.go.jp/article/?id=202210_1f
- JICA(国際協力機構). (2023). マラッカ・シンガポール海峡における海上交通と国際協力 (報告書 No. 12380846). <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12380>

846.pdf

Lloyd' s Register. (2023, 2024). Marine Traffic Annual Report. Lloyd' s Group.

Mackinder, H. J. (1904). The Geographical Pivot of History. The Geographical Journal, Vol. 23, No. 4, Royal Geographical Society, 421-437.

Mahan, A. T. (1890). The Influence of Sea Power upon History, 1660 - 1783. Little, Brown and Company.

OICA (Organization Internationale des Constructeurs d'Automobiles). (2023). Automobile Production Statistics. <https://www.oica.net>

PHP 総研. (n.d.). 「地政学的ホットスポット」第 9 回 ～海上交通の要衝とリスク～. PHP 総研. <https://thinktank.php.co.jp/lp/geostrategic-hotspots/part9/index.html>

Smith, D. M. (2007). Geopolitics of Energy. Strategic Energy Institute Press.

U.S. Energy Information Administration. (2023). Crude Oil and Natural Gas Prices. <https://www.eia.gov>

World Bank. (2023, 2024). Commodity Prices Data. World Bank Group.

World Bank. (2023). Commodity Markets Outlook. <https://www.worldbank.org>

日本経済新聞. (2024, September 18). 地政学リスク高まる海上物流の要衝. 日本経済新聞. <https://www.nikkei.com/article/DGKKZO83516080X10C24A9FFJ000/>

日本海運集会所. (2024). 海運統計 (令和 6 年度版). https://www.nikkaibo.or.jp/pdf/R05_01.pdf

清水敬祐・中野光子. (2018). チョークポイントリスクを考慮したセキュリティエネルギー指標を用いたリスク評価. エネルギー政策研究, 11(3), 45-60.

鳥海光弘・高嶋智. (2013). 固定化されたチョークポイントの地政学的リスクに関する研究. 日本国際政治学会紀要, 35, 123-140.
