



RIETI Policy Discussion Paper Series 22-P-011

## 国際貿易関連の経済分析へのAISデータの活用について

高山 遥

ニューヨーク州立大学オルバニー校

富浦 英一

経済産業研究所



独立行政法人経済産業研究所  
<https://www.rieti.go.jp/jp/>

## 国際貿易関連の経済分析への AIS データの活用について\*

高山 遥（ニューヨーク州立大学オルバニー校経済学部）

富浦 英一（一橋大学大学院経済学研究科・経済産業研究所）

### 要旨

経済分析において各種のビッグデータの利用が広がっているが、貿易分野においては、世界の一定規模以上の全ての船舶の動きをリアルタイムで記録している AIS データの活用が注目される。本稿では、このデータの概要を説明しつつ関連した先行研究を紹介するとともに、コンテナ船や石油タンカーに関するデータを実際に用いて輸送速度に関連したごく簡単な分析を試みた結果を説明した上で、今後の利用拡大に当たっての課題と展望にふれる。

キーワード：AIS、ビッグデータ、貿易統計

JEL classification: F14

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

\* 本稿は、独立行政法人経済産業研究所（RIETI）におけるプロジェクト「グローバル化、デジタル化、パンデミック下における企業活動に関する実証分析」の成果の一部である。富浦は RIETI、科学研究費補助金（17H00986, 21K01498）及び一橋大学社会科学高等研究院、高山はバージニア大学 Marshall Jevons Fund の助成を受けた。また、リサーチアシスタントとして Xu Qiu 氏の協力を得た。本稿の原案に対して、経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

## 1. はじめに

ビッグデータが経済学の分析に大きな影響を及ぼすことは明らかである。Varian (2014) が計量経済学における応用が広がることを述べている他、ビッグデータを活用した経済学については、自然科学分野のトップ・ジャーナル *Science* にも掲載され (Einav and Levin 2014)、既に、民間企業における広告宣伝戦略、政府における競争政策などに影響を及ぼしている。

経済分析に用いられるビッグデータというと、携帯電話の位置情報や販売 POS データなど個人に関するものが中心であるが、国際貿易の分野で注目されるビッグデータとしては、船舶の AIS (Automatic Identification System) データがあげられる。AIS は衝突を回避するために船舶を追尾する目的で始まったものであったが、国際機関 IMO (International Maritime Organization) が一定規模以上の全ての船舶に対し位置情報を通報する義務を課したため、世界中の船舶の位置に関する膨大な量の詳細な情報が世界中リアルタイムで蓄積されており、このデータの活用が多方面で始まっている。衛星情報による AIS データを用いた貿易の把握は、正に Heiland et al. (2019) のタイトルの通り、宇宙から見た貿易 (“Trade from space”) とも表現できるものである。経済学において従来は距離に比例する輸送費に単純化されたり捨象されたりすることの多かった輸送について、明示的に取り上げた分析が可能となる意義は大きい。貿易自由化が進み関税率が低くなった状況では輸送費が貿易費用に占める比重は大きく、特に世界の貿易において量的に大きな割合を占める海上輸送のデータが利用できれば、次節で紹介する先行研究のように、一般均衡モデルに海運を組み込んだり、海運部門を産業組織論的構造モデルで分析したり、貿易の分析が精緻化・深化することが期待される<sup>1</sup>。航空輸送が広がった今日においても、金額の割に体積の

---

<sup>1</sup> 国際貿易における輸送費については、例えば Hummels (2007) が歴史的推移も交えて包括的に整理して論じている。海運を含む輸送費については、貿易に係る費用全般について概観した Anderson and van Wincoop (2004) も参照。

大きい貨物は、地続きでない国の中では専ら船舶で輸送される。Ducruet (2018) で概観されているように、AIS データは海事・船舶・海運の分析への利用は既に広く蓄積されているが、今後は経済学における利用が増えることが予想される。

貿易の経済分析に用いられるデータという観点からも、今回のようなデータの利用は重要な意義を有すると考える。貿易については、伝統的に、国・産業レベルの集計データに依存した分析が行われてきたが、今世紀に入ってから、まず、企業単位のミクロデータを活用して、輸出を行っている企業と輸出を全く行っておらず生産した全量を国内市場で販売している企業の対比が始まり（先駆例として Bernard and Jensen 1995）、次いで、海外に直接投資している企業、中間財を輸入して生産を行っている企業、海外に財・サービスをアウトソーシングしている企業などに企業ミクロデータを利用した分析が広がった(Antràs, and Yeaple 2015 のサーベイ参照)。また、ミクロデータとしては、こうした企業単位のデータだけでなく、貿易統計の基礎となる通関の個別取引ミクロデータの活用も本格化し、多くの市場に輸出している企業の分析、貿易される財の単価に着目した分析などが行われるようになった（企業データと統合した例に Eaton et al. 2011）。今回取り上げるデータは、貿易に携わる船舶側からのデータという点で、従来の財・企業側からのアプローチと補完的であるのみならず、企業統計が概ね年単位、通関統計が基本的に月単位という頻度であったのに対して、株式など金融市场のデータのように、ほぼリアルタイムでの高頻度データであるという特徴を持つ。こうしたことから、AIS データの活用が本格的に広がれば、貿易の経済分析を刷新するポテンシャルを有するのではないかと見込まれる。

次節で整理するように、AIS データを用いた経済学の研究は既に始まっている。本稿では、今後の経済分析での活用に向けて、AIS データの概要、国際貿易分野の先行研究のレビュー、米国に入港するコンテナ船、世界の石油タンカーに関するデータを実際にごく簡単に用いてみた端緒的な統計分析の実例の紹介を行うこととする。AIS データを用いた国際貿易の経済分析の展望についてもふれる。

## 2. AIS データ及び関連した先行研究の概要

### 2.1. AIS データの概要

国際機関 IMO により、一定規模以上の全船舶に一定の時間間隔で位置情報を通報することが義務付けられている (International Convention for the Safety of Life at Sea)。このため、世界中を航行する船舶から膨大な量の情報が刻々と蓄積されている。AI 機械学習を活用すれば生の大量のデータから統計的規則性を見出し経済学の枠組みにつなげる研究も進むであろうが、現状では余りに大量の情報が整理されないまま蓄積されていることもある。いくつかの民間サービス会社が一部のデータを利用者のニーズに応じて整理して提供するサービス事業を行っている。このうち、本論文では、Lloyd's List Intelligence のデータベースを利用した<sup>2</sup>。

### 2.2. AIS データを用いた国際貿易に関する経済学の先行研究

国際貿易に関連したテーマについて AIS データを用いて分析した研究は既に数多く、全てを網羅することは紙幅の関係もあり困難だが、本節では、次節で述べる本論文の課題とも密接に関連する重要な研究に絞って、ごく簡単に概観することとする。

Brancaccio et al. (2020) は、ばら積み貨物船(dry bulk ships)に関する 2012~2016 年の AIS データを、別途民間会社が収集した個別海運契約に関するデータとリンクさせることにより、海運費用の変動を分析している。ばら積み船は、「海のタクシー」に例えられ、穀物や石炭など均質的な財を運び、世界貿易において数量的に重要な比重を占め、海運の中で競争が激しい部分だとされている。彼らの構造モデルは、輸送部門が、貿易不均衡の緩和を通じ

---

<sup>2</sup> 複数の会社に高山が問い合わせをした結果、最も早く返答やフォローアップのあった同社から、富浦が科学研究費補助金及び一橋大学の予算で購入した。

て各国間の比較優位による違いを弱めたり、燃料費の変動といった外生的なショックが貿易に与える影響を緩和することなどを見出し、従来は正面から深く分析されることが少なかった輸送費と貿易の関係を分析している。貿易不均衡により片道の航路の積載容量に空きが生じること、燃料費の変化により船にとって契約待ちのオプション価格が変わることから、輸送費が内生的に反応することに注目した重要な研究である。北極海の北西航路などインフラの影響についても定量的な試算結果を示している。

Ganapati et al. (2021)は、2014年4月~10月におけるコンテナ船の寄港(port call)に関するAISデータを、米国のコンテナ輸入に関する船荷証券(bill of lading)のデータとリンクさせ、航路がハブ＆スポーク構造を成していることを見出している。具体的には、米国の輸入のうち直行するコンテナは2割に過ぎず、直行しない間接経路の9割はシンガポールなど世界の主要集散地(entrepot)を経由している。これらの限られた航路に輸送が集中しているということは集積地を経由した輸送費が安いことを間接的に示していると解釈した上で、理論モデルに基づき輸送費を推計し、英国のEU脱退や北極航路開通の影響を試算している。ネットワークの結節点としての集散地を通じて、局所的なインフラの改善が世界全体の規模の経済性に波及する点が強調されている。

2016年におけるコンテナ船の寄港データを用いた Heiland et al. (2019)も、航路のネットワーク構造において多くの航路が経由し海運が集中するハブが存在することを確認している。その上で、同年におけるパナマ運河の拡幅により、世界貿易が約1割も増加したと試算している。上述の Ganapati et al (2021)と同様に、通常の貿易統計では把握できない個別の船舶の寄港に関する情報を、航路ネットワーク構造の議論、更には、インフラ整備が貿易に与える数量的な効果の分析につなげた研究である。

Jacks and Stuermer (2021)は、現代のAISデータを用いたものではないが、ばら積み貨物船を取り上げ、運賃の歴史的推移を考察している。歴史的資料や先行研究から1万を超えるデータを収集し、1850年から2020年に至る長期の実質系列を整備している。このデータ

を用いて、運賃の変化において、海運サービスの供給の変動や燃料価格の変動の影響は限定的で、海運に対する需要の変動の寄与率が半分近くと圧倒的であることを見出している。AIS データが利用可能な期間はごく最近に限られるが、AIS を活用した研究にも刺激され、そこから得られた知見を歴史的自然実験の分析に用いる研究も出てくると予想され、この研究のような関連データの歴史系列の整備の重要性も増すと見込まれる。

### 3. 端緒的な統計整理の試み

本節では、我々が実際に AIS データを試行的に用いてみて行ったごく簡単な端緒的な統計整理について、その概要を述べることとする。第一節では米国に入港するコンテナ船、第二節では世界の石油タンカーについて、それぞれ記述する。

#### 3.1. コンテナ船

財の海上貿易において、コンテナ船は重要な役割を果たしている。コンテナ船の導入は、第二次大戦後の世界の海運における歴史的な一大革命と言われている<sup>3</sup>。依然として穀物や鉱物資源などは基本的にばら積み（dry bulk）で輸送されるが、世界貿易において比重が上昇している機械類など多くの財はコンテナ船で輸送されている。このため、貿易の分析としては、先行研究においてもコンテナ船が注目されてきた。そこで、本節では、AIS データが利用可能な船舶のうち、コンテナ船を取り上げる。

コンテナ船といつても、世界中を網羅するとなると余りに多くの船舶の情報を収集する必要が生じることから、ここでは、世界貿易に占める米国の輸入の比重に着目して、寄港（port call）データにより、米国内のいずれかの港に入港するコンテナ船に絞ることとした

---

<sup>3</sup> 例えば、Hummels (2007) など。

<sup>4</sup>。標本期間としては、研究着手時点で公表されている最新の貿易年次データと照合する必要を考えて、2019年としたが、前年対比をとるため2018年を加えて、2018年初から2019年末までの2年分のデータを収集した。Port callデータではIMOが船舶ごとに発行した識別番号(IMO番号)と船舶名、出発港と到着港への寄港及び出港時刻が記されており、どの船が何時にどの港に到着し、何時に出港したかを観測することができる。この情報から出発時刻と到着時刻の差を計算し、各船の港間の航行に要した日数を求めた。

ここで、貿易の経済分析にAISデータを用いる際の重要な限界について指摘しておく。AISデータは船舶の位置について極めて詳細な把握を行っているが、通常の経済分析においては、船舶の位置、即ち、輸出入のタイミングよりも、あくまで関心の中心は貿易される財にあることが多い。しかし、どの船舶がどのような財を積んでいるかはAISデータからは通常は直接には知ることができない。このため、これまでにAISデータを用いた経済学における先行研究も、輸送経路や輸送費に焦点を当てており、積み荷(特に何を運んでいるか)については言及していない。この限界を克服する方策としては、積み荷に関するデータとのリンクエージが考えられる。今回の研究においても、AISコンテナ寄港データと米国の通関輸入データとの結合を試みた。通関輸入データには、コンテナ船に関する情報(IMO番号、船舶名、通関港)と船によって運ばれたそれぞれのコンテナに関する情報(通関日、輸入通関者、荷送人等)が含まれている<sup>5</sup>。AISデータと通関データは、IMO番号と船舶名、また輸出国、通関日、通関港の情報を利用して結合させた<sup>6</sup>。この結果、AISデータの76.5%(米

---

<sup>4</sup> 米国内における海運から国際貿易を分離するため、米国の港に寄港する船舶のうち、外国から入港するものに限定した。ただ、この限定については、外国からまず米国の港に寄港した後に、米国の他の港に入港する場合が除外されてしまう問題は伴う。

<sup>5</sup> 通関データは、高山がEnigmaを通して入手した。

<sup>6</sup> 通関データの期日には若干のずれがあることから、船が米国内の港に到着した期日及びその前後の期日を用いて通関データとAISデータを結合させた。また、通関港としては、港名ではなく、港が存在する州を用いた。例えば、ニューヨーク州にあるNewark港は主要港のひとつであるが、New York港と隣接しているため、AISデータではNew York港と

国への入港数 21,676 のうち 16,600) について、航路と通関に関する情報を把握することが可能となった。

我々が独自に作成したデータを用い、海外から米国へ到着したコンテナ船の入港数を、出発国と初めに到着した米国内の港について整理する（表 1）。出発国に関しては、隣接し貿易協定を結んでいるメキシコとカナダが 1 位と 2 位を占める。続いて中国と韓国からの入港が多くなっている。到着港に関しては、アジアからのコンテナ船が多数入る港としてカリフォルニア州が最も多くのコンテナ船を受け入れている。続いてフロリダ州（バハマ国、ドミニカ共和国、グアテマラからのコンテナ船を多く受け入れる）、ニューヨーク州（スペイン、カナダ、フランスからのコンテナ船を多く受け入れる）、テキサス州（メキシコ、グアテマラからのコンテナ船を多く受け入れる）、ワシントン州（カナダ、日本からのコンテナ船を多く受け入れる）となっている。出発国と到着港の組み合わせでは、中国を出発しカリフォルニア州へ到着したコンテナ船が最も多い。2018 年と 2019 年の 2 年間における入港数の合計は 16,600 であるため、全体の 6.4% が中国からアメリカへ向かうコンテナ船である。第 4 位の韓国—カリフォルニア州もアジアからアメリカへの代表的な経路である。メキシコ—テキサス州、バハマ—フロリダ州、カナダ—ワシントン州は近隣国とアメリカを結ぶ代表的な経路となっていることがわかる。また、表 1 には掲載していないが、日本からのコンテナ船は主にワシントン州とカリフォルニア州に到着している（それぞれ日本を出発したコンテナ船全体の 46% と 43% を占める）。

---

表示されており識別できない。

表1：コンテナ船の数：出発国と到着した米国港、及びその組み合わせ

出発国		到着州*		出発国-到着州	
場所	数	場所	数	場所	数
Mexico	1,676	California	3,794	China-California	1,058
Canada	1,638	Florida	3,735	Mexico-Texas	743
China	1,434	New York	2,637	Bahamas-Florida	724
South Korea	1,193	Texas	1,813	South Korea-California	629
Bahamas	1,061	Washington	1,105	Canada-Washington	514

\*海外を出発した船が初めて到着した米国内の港が所在する州

では、コンテナ船に積まれるコンテナにはどのような特徴があるだろうか。船には様々なコンテナが積載されている。例えば、2018年に海外からアメリカの港に到着した船に積載されるコンテナ数は、1個から最大で22,184個となっており、平均して一つの船に約3,000個のコンテナが積載されている。船に積載される一つひとつのコンテナは個別の荷送人により発送国から発送される<sup>7</sup>。このような船に積まれるコンテナの特徴（荷送人および発送

---

<sup>7</sup> コンテナの発送国はコンテナ船が出発する国と同一とは限らないことに注意が必要である。

国) は、積載する船の速度にどのように関係するだろうか<sup>8</sup>。

本稿では、船に積載されたコンテナの荷送人と発送国の占有度合いをハーフィンダール・ハーシュマン指数 (HHI) により示し、船の速度との関係を分析した。まず、船に積載されたコンテナの荷送人と発送国の集中度をそれぞれ HHI-荷送人、HHI-発送国とし、基礎統計量を表 2 に示した。海外を出発したコンテナ船は平均で 7 日間かけてアメリカへ到着している。標準偏差は 6 日間であることから、出発する国によって大きなばらつきがあることがわかる。船に積まれたコンテナの荷送人の集中度は平均で約 0.11、また発送国の集中度は約 0.44 となっている。しかし、荷送人の集中度の最小値は 0.001、最大値は 1 となっており、様々な荷送人によるコンテナが積載された船もあれば一つの荷送人によるコンテナのみが積載された船もあり、荷送人と発送国の状況はそれぞれ異なることがわかる。

表 2：基礎統計量（コンテナ船）

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
航行日数	16,600	7.187	6.241	0.001	68.027
HHI-荷送人	16,357*	0.108	0.235	0.001	1
HHI-発送国	16,357*	0.439	0.267	0.044	1

\*通関情報と結合させたコンテナ船の寄港数のうち、荷送人と発送国情報がないものもあった。

<sup>8</sup> 今回入手した通関データには輸入額と関税分類の情報は記されていないため、金額や輸入された品目を用いた分析には至らなかった。

次に、航行に要した日数を被説明変数、船に積載されたコンテナの荷送人と発送国の集中度を説明変数として回帰分析を行った。表3の列(1)と(2)はコンテナ船ごとの荷送人の集中度(HHI-荷送人)、列(3)と(4)はコンテナ船ごとの発送国の集中度(HHI-発送国)を説明変数としたものである。すべての分析に年月による固定効果(FE: 年月)を加えており、列(1)と(3)は出発国と到着州による固定効果(FE: 出発国と FE: 到着州)、それに対して列(2)と(4)は出発国と到着州の組み合わせによる固定効果(FE: 出発国×到着州)を加えている。荷送人と発送国とも集中度が高くなるにつれてそれを運ぶコンテナ船の航行日数が統計的に有意に長くなることがわかる。荷送人と発送国の集中度の相関は0.616であり、コンテナ船が様々な発送国からの荷物を積んでいるほど、荷送人はより多様化する傾向があると言えるだろう。また、出発国と到着州それぞれの固定効果を加えた結果(列(1)(3))と出発国と到着州の組み合わせによる固定効果を加えた結果(列(2)(4))を比べると、前者の方が集中度と日数の関係性を過剰に評価していることがわかる。海外を出発したコンテナ船がアメリカへ到着する日数を考慮する際には、出発国と到着州それぞれの効果(例えば出発港や到着港の港湾の状況や通関手続き)よりも、その組み合わせによる効果(距離やコンテナ路線の運航頻度)のほうが重要であることがわかる。

表3：日数と荷送人と発送国の集中度についての回帰分析

被説明変数：日数	(1)	(2)	(3)	(4)
HHI-荷送人	1.962*** (0.0968)	1.030*** (0.0587)		
HHI-発送国		1.195*** (0.0929)	0.463*** (0.0570)	

FE: 出発国	Yes	No	Yes	No
FE: 到着州	Yes	No	Yes	No
FE: 出発国×到着州	No	Yes	No	Yes
FE: 年月	Yes	Yes	Yes	Yes
観測数	16,338	16,236	16,338	16,236
決定係数	0.833	0.949	0.830	0.948

標準誤差は括弧内に記した。 \*\*\* p 値<0.01, \*\* p 値<0.05, \* p 値<0.1

前表では、荷送人と発送国の集中度について、いずれか一方のみを説明変数としていたが、以下では、出発国と到着州と年月の組み合わせによる固定効果 (FE: 出発国×到着州×年月) と、荷送人と発送国の集中度を両方同時に説明変数として加えた。表 4 の列 (1) は FE: 出発国×到着州×年月を加えており、列 (2) ではさらにコンテナ船による固定効果 (FE: コンテナ船) も加えた。表 3 の結果とは異なり、荷送人と発送国の集中度を両方同時に説明変数とすると、発送国の集中度の係数は負となる。仮に荷送人の集中度が同じコンテナ船が 2 隻あった場合、発送国の集中度が高いほど（同じ発送国からのコンテナが多く積まれている船ほど）短い日数で運ばれることを示唆している<sup>9</sup>。これに対し、同一の荷送人から多く運ばれる場合は、企業が自社で所有、または契約した船を用いていることが多いと考えられることから、他の荷送人に配達状況が左右されず比較的自由に運航することができ、コンテナを運ぶ日数も長くなる傾向があると考えられる。また、コンテナ船による固定効果を加え、船の大きさやエンジンなどの船の特徴も考慮すると、荷送人と発送国の集中度ともに係数

---

<sup>9</sup> この発送国についての結果は、様々な国を経由したコンテナ船、つまりコンテナが発送された国の集中度が低い船のほうが到着までの時間が長くなるという Ganapati et al. (2021) の結果と整合的である。

は小さくなる（表4・列(2)）。なお、荷送人と発送国の集中度をそれぞれ片方のみを説明変数としてみたところ（表4・列(3)(4)）、両変数の係数とも符号は列(1)(2)の結果と同じであるが、発送国の集中度の係数は統計的に有意でなくなった。全体を通して、荷送人の集中度の方が発送国の集中度よりもコンテナを運ぶのにかかる日数を説明しているよううに見える。

表4：日数と荷送人と発送国の集中度についての回帰分析（異なる固定効果）

被説明変数：日数	(1)	(2)	(3)	(4)
HHI-荷送人	1.335*** (0.0754)	0.380*** (0.0793)	0.212*** (0.0654)	
HHI-発送国	-0.422*** (0.0712)	-0.297*** (0.0790)		-0.0830 (0.0652)
FE: 出発国×到着州×年月	Yes	Yes	Yes	Yes
FE: コンテナ船	No	Yes	Yes	Yes
観測数	15,452	15,039	15,039	15,039
決定係数	0.964	0.982	0.982	0.982

標準誤差は括弧内に記した。 \*\*\* p 値<0.01, \*\* p 値<0.05, \* p 値<0.1

この標本期間については、米国の貿易にとって、トランプ政権による対中国関税の度重な

る大幅な引上げの時期と重なっている。米国の一連の対中関税引上げには周知期間が短いものも含まれているため、当該貿易政策の影響については、AIS データのような高頻度データで分析するのに適していると考えられる。Amiti et al. (2019) は、通常広く利用されている月次ベースの貿易統計から輸入平均単価を計算して、トランプ政権により関税が引き上げられた時期に引上げ品目のみに価格の顕著な上昇が見られ、関税引上げが輸入者・消費者に転嫁されたことを見出している。個々のコンテナ船が中国を出港したり、米国に入港したりする日時まで AIS データで特定できれば、こうした月次集計よりも精密な分析が可能となると期待される。

実際に、トランプ政権による大幅な関税引上げについて AIS データでコンテナ船の速度の変化を調べてみる。トランプ政権の中国に対する関税引き上げには大きく 5 つのフェーズがあり、関税引き上げが実施されたのはそれぞれ(i) 2018 年 7 月 6 日、(ii) 2018 年 8 月 23 日、(iii) 2018 年 9 月 24 日、(iv) 2019 年 5 月 10 日、(v) 2019 年 9 月 1 日である。第一弾の引上げは、一連の引上げの最初のものとして 4 月に発表されたが、引上げが 25% と大幅であった<sup>10</sup>。第二弾は、第一弾と同時に発表され、引上げも同じく 25% であった。第三弾は、引上げは先行品目よりは低いとはいえ 10% で、かつ対象品目は広範で、金額にして約 2 千億ドルに上り、しかも翌年に周知期間をおかず 25% へ更に引き上げられた。第四弾は、15% の引上げであったが、発表後すぐに実行に移された<sup>11</sup>。いずれも、トランプ政権下における対中政策強硬化の一環であるが、少なくとも第二次大戦後の米国の歴史を通じて例を見ない巨額の輸入に影響を及ぼす大幅な関税引上げで、米中貿易紛争を象徴する一大イベントであったと言える。関税引き上げ幅の大きさだけでなく、トランプ大統領のツイ

---

<sup>10</sup> これに先駆け、太陽電池、洗濯機、鉄鋼・アルミニウムの関税引上げが行われているが、中国に限定した引上げではなく、かつ今回のデータでは個別品目の特定ができないため、取り上げなかった。ここでは、米国通商法 301 条に基づく中国に対する関税引上げに注目している。

<sup>11</sup> 第四弾のうち一部については、対象品目の発表後に実際の引上げは見送られた。

トにより深夜に初めて明かされることもあるなど、貿易に携わる企業としては事前の対応準備が難しかったという点でも特徴がある。このため、米国向け輸出物品を急いで積んで出港する船や、航海途中でニュースを知って急いで米国で通関しようとする船などが現れて、通常とは異なる動きが見られるのではないかと考えた。

ここでは、中国からのコンテナ船の 74%がカリフォルニア州に到着していることから、中国—カリフォルニア州間を航行したコンテナ船に着目した。表 5 はそれぞれの関税引き上げの期日について前後 15 日でのコンテナ船の速度を比べてみた結果である。予期できなかつた、あるいは予想を上回る関税引上げに対し駆け込み輸入（このデータでは速度を上げた輸送）が見られるかと予想されたが、今回のデータで簡単に比較した限りでは、関税引上げ時点の前後で特に目立った変化は見受けられなかった。これは、一連の関税引上げが多数の品目にわたって波状的に行われたことから、第一波の影響が収まった頃に第二波の影響が生じるなど、複数の関税引き上げの影響が複雑に干渉し合うため、特定の引上げの影響を抽出することができないためであろうと考えられる。対象品目の中には、中国から他の国に輸入を代替することが難しい財や、急に関税引き上げが発表されても急に増産が難しい財も含まれているであろうことから、この意味でも、個別品目の詳細な分類が必要であると考えられる。これらの問題も、コンテナで運ばれる財の特定がなされていない今回のデータベースの限界と受け止めるべきであろう。将来的には、米国センサス局の貿易統計ミクロデータへのアクセス承認を得て、関税分類や輸入額を含めて本格的なデータリンクエージを行なう分析が期待される。

表5：トランプ関税と中国—カリフォルニア州間でのコンテナ船の航行日数

関税発動日	期間	平均	標準偏差	最小値	最大値	観測数
2018/7/6	前15日	12.44	0.92	10.47	14.03	15
	後15日	12.40	1.03	10.36	14.09	49
2018/8/23	前15日	12.27	1.19	10.00	14.20	34
	後15日	12.13	1.13	10.25	14.07	14
2018/9/24	前15日	12.64	2.24	10.20	20.44	42
	後15日	12.51	1.50	10.47	17.39	23
2019/5/10	前15日	12.86	1.14	11.28	14.35	7
	後15日	12.52	1.52	10.27	19.15	45
2019/9/1	前15日	12.61	1.10	10.48	14.69	48
	後15日	12.63	1.33	10.16	17.72	52

### 3.2. 石油タンカー

石油は多くの産業部門にとって欠くことのできない重要な投入である。代替財を見出すのが難しく価格弾力性が小さいため、石油などの天然資源では、貿易から得られる利益 gains from trade は通常の財のみを考えた場合よりも大きい (Fally and Sayre, 2018)。こうしたことから、石油は国民経済全体の厚生評価の観点から無視できない。

また、原油価格の変動が世界の貿易に与える影響は興味深い。Nanovsky (2019)は、原油価格の上昇は、運賃の上昇により、貿易の収縮を招くが、その影響は遠距離の方が強く出るため、国際貿易において近距離隣接国との比重が上がることを示している。このように、原油価格の変動は原油自体の輸出入だけでなく、運賃の連動を通じて、多くの財の国際貿易に影

響を与える。

本節では、AIS データが収集されている船舶のうち、石油を運搬するタンカーを取り上げる。今回我々が用いたデータは、世界中のタンカーの寄港（port call）データである。標本期間としては、2013 年 7 月 1 日から 2015 年 6 月 30 日を選んだ。この時期には、米国におけるシェール・オイルの増産、OPEC の減産合意不成立等を背景に、原油価格が大幅に急落した。国際的な指標である北海ブレント指数をみると、データの開始期日では原油価格が 1 バレル 103.19 ドルであったが、その後、2014 年 9 月を境に価格が下落し、2015 年 1 月 13 日には 45.13 ドルまで下がった。また、port call データに加え、各船舶の基本情報（所有者、載貨重量やエンジン、発電機、ボイラーなど）も入手した。本稿ではタンカーの動きについて、(1) 同じ港の中で停泊していた時間、(2) 2 つの異なる港間の移動にかかった時間の主に 2 つのデータを作成した。Port call データには、実際に船が寄港した時と同じタイミングで AIS データが記録されない場合がある。異なるタイミングで AIS データが記録された場合（実際の寄港前や寄港後に入港時間が記録された場合）のデータはサンプルから除いた。その結果、2 年間で異なる 2 つの港間を移動したタンカーの記録は 89,206 あり、そのうちの 73%（観測数 65,242）が国際間での移動であった。本稿では国際間でのタンカーワークの移動に着目し、基礎統計量を表 6 に示した。タンカーは入港後、平均して 3 日間同じ港に留まるが、標準偏差は約 7.8 日と、港での停泊時間はそれぞれのタンカーの状況（時期、寄港した港の種類）により異なる。また、港間の平均移動日数と標準偏差は、ともに約 11 日、最大移動日数は 409 日となっている。移動時間に 200 日以上かかっている記録が 18 あるが、タンカーは港だけではなく、海上で留まることも考えられることから、特に制約を設げずそのままのデータを用いた。さらにデータ全体では、出発港は 133 か国にある 1087 港、到着港は 134 か国にある 1093 港にのぼり、多くの異なる港間の組み合わせがあることから、タンカーが移動した港間の距離も様々である。停泊した港の種類やタンカーの移動距離を考慮するため、(1) タンカーの港での停泊時間と (2) 2 つの異なる港間の移動にかかる時間

について観測数が多い上位 5 つの停泊港と異なる港の組み合わせを表 7、表 8 にまとめた。

タンカーはシンガポール港で停泊することが多く、平均で約 4 日間留まっている。標準偏差は 10.49 日であることから場合によってばらつきが大きい。他は、石油を生産するサウジアラビアや、石油基地があり他ヨーロッパ諸国へ石油を輸出するオランダの港で停泊する頻度が高いことがわかる。また、タンカーの移動経路として最も頻度が高いのは、シンガポール港からアラブ首長国連邦のフジャイラに向かう経路である。フジャイラは、石油ターミナル基地を備え、石油輸出港としても、またペルシャ湾へ向かう船の経由地としても重要な港である。日本を含めアジアを出発したタンカーは、まずシンガポールを経由し、そこから平均で 14 日かけてフジャイラ港へ到着している。他に頻度が高い経路としては、フジャイラ港を出発し、イラク、サウジアラビアへ向かう経路がある。

表 6：基礎統計量（石油タンカー）

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値*	最大値
停泊時間（日単位）	65,242	3.174	7.670	0	424.044
移動時間（日単位）	65,242	10.946	11.245	0.001	409.642

\*停泊時間がマイナスなもの、移動時間がマイナス、ゼロのもの（観測数全体の約 2%）はデータから除いた。

表7：タンカーの停泊日数

港名	国名	平均値	標準偏差	観測数
Singapore	Singapore	3.81	10.49	5105
Fujairah Anch.	United Arab Emirates	3.09	6.33	3984
Rotterdam	Netherlands	3.39	10.22	1751
Ras Tanura	Saudi Arabia	2.02	2.35	1510
Juaymah Terminal	Saudi Arabia	1.88	2.29	1308

表8：タンカーの移動日数

出発	到着			主要日数		観測
港名	国名	港名	国名	平均値	標準偏差	数
Singapore	Singapore	Fujairah Anch.	United Arab Emirates	14.19	7.13	1040
Fujairah Anch.	United Arab Emirates	Al Basra Anch.	Iraq	3.06	3.44	633
Tanjung Pelepas	Malaysia	Singapore	Singapore	2.37	8.62	590
Fujairah Anch.	United Arab Emirates	Ras Tanura	Saudi Arabia	3.40	6.51	533
Fujairah Anch.	United Arab Emirates	Juaymah Terminal	Saudi Arabia	4.40	4.63	472

タンカーの AIS データを別の民間会社 Clarkson Research が提供する個別契約に関するデータとリンクさせた Prochazka et al. (2019) によれば、原油価格が低下した時期には、契約が早い時点（中東から距離的に遠い地点）で成立する傾向が見られる。中東で積んだ原油を日中韓などで下ろした後、次の輸送契約が成立するまでの間、タンカーは、シンガポールに寄港したり、シンガポールから中東に向かう途中の洋上でとどまったりして待機することになることから、早期に契約が成立すると、平均的に速度は上昇する、即ち所定の航路に要する時間は短縮すると考えられる。また、こうした速度の上昇は、中東から出発する方向ではなく中東に向かう方向の航路で観察されると予想される。こうした船舶の速度の上昇は、輸送サービスの質の向上ととらえることができる。AIS データから輸送費を直接に知ることができないが、速度の上昇は質を調整した後の輸送費の実質的な低下につながると見ることができる<sup>12</sup>。

そこで、我々のデータを用い、原油価格が 1 バレル 100 ドルを切った 2014 年 8 月 18 日を閾値として、データを二分し、タンカーの速度を比較してみる<sup>13</sup>。原油価格の平均は、前半（2013 年 7 月 1 日から 2014 年 8 月 17 日）で 1 バレル 108.89 ドル、後半（2014 年 8 月 18 日から 2015 年 6 月 30 日）で 68.93 ドルとなっている（いずれも国際ブレント価格）。表 9 は観測数が多い上位 5 位の港について、タンカーの停泊日数を 2014 年 8 月 18 日よりも前と後の期間で比べたものである。すべての港において、停泊日数が短くなっていることがわかる。Brancaccio et al.(2021) と同様に、原油価格が低い、すなわち船の移動にかかる燃料代が下がる局面では、船は一つの港に留まることなく新規の顧客を獲得するために他

---

<sup>12</sup> 直接にタンカーについて述べたものではないが、Hummels(2007)は、コンテナ船の導入は、海上輸送費の低下はもたらさなかったが、速度の上昇等を通じて海運サービスの質を向上させたと指摘している。

<sup>13</sup> データ開始期日である 2013 年 7 月 1 日から 1 年間、石油価格は大きな変化がなく推移しており 2014 年 7 月 20 日頃から原油価格に下落傾向がみられる（2013 年 7 月 1 日から 1 年間の最小値は 1 バレル 103.08 ドル（2013 年 11 月 7 日）、最大値は 117.15 ドル（2014 年 6 月 19 日））。

の港へ移動しやすいことを裏付けている。表 10 では観測数が多い上位 5 位の経路について、タンカーの移動日数を 2014 年 8 月 18 日よりも前と後の期間で比べた結果を示した。同じ寄港地を結ぶ航路であっても、航行に要する時間は明らかに異なっている。シンガポールからサウジアラビアに向かう代表的な経路では石油価格の下落によって、航行に要する日数が 1 日程度と大きく変わることがわかる。この石油価格の変化と移動日数の関係は、日本を含む二点間のタンカーを見ても同様である（表 11）。

表 9：タンカーの停泊日数と原油価格の変化

港名	国名	期間	平均値	標準偏差	観測数
Singapore	Singapore	前半	3.88	8.53	3080
		後半	3.70	12.92	2025
Fujairah Anch.	United Arab Emirates	前半	3.20	6.94	2473
		後半	2.91	5.18	1511
Rotterdam	Netherlands	前半	3.41	13.11	976
		後半	3.35	4.42	775
Ras Tanura	Saudi Arabia	前半	2.24	2.81	922
		後半	1.68	1.28	588
Juaymah Terminal	Saudi Arabia	前半	1.97	2.60	845
		後半	1.72	1.55	463

表 10：タンカーの移動日数と原油価格の変化

出発		到着		期間	主要日数		観測数
港名	国名	港名	国名		平均値	標準偏差	
Singapore	Singapore	Fujairah	United Arab	前	14.55	7.99	669
		Anch.	Emirates	後	13.56	5.18	371
Fujairah Anch.	United Arab	Al Basra	Iraq	前	3.11	3.71	354
	Emirates	Anch.		後	2.99	3.07	279
Tanjung Pelepas	Malaysia	Singapore	Singapore	前	3.05	10.61	360
				後	1.30	3.58	230
Fujairah Anch.	United Arab	Ras Tanura	Saudi Arabia	前	3.50	7.47	369
	Emirates			後	3.16	3.49	164
Fujairah Anch.	United Arab	Juaymah	Saudi Arabia	前	4.70	5.20	321
	Emirates	Terminal		後	3.76	3.01	151

表 11：タンカーの移動日数と原油価格の変化（日本を含む経路）

港名	国名	到着		期間	主要日数		観測数
		港名	国名		平均値	標準偏差	
Chiba	Japan	Fujairah	United Arab	前半	19.41	2.99	67
		Anch.	Emirates	後半	19.15	1.95	46
Mizushima	Japan	Fujairah	United Arab	前半	17.53	2.14	33
		Anch.	Emirates	後半	16.48	1.30	33
Kozmino	Russia	Kashima	Japan	前半	3.96	2.03	39
				後半	3.63	1.34	21
Chiba	Japan	Singapore	Singapore	前半	14.24	17.32	31
				後半	10.17	2.12	27
Juaymah Terminal	Saudi Arabia	Kiire	Japan	前半	21.77	2.58	37
				後半	21.03	2.09	12

#### 4. 今後の課題と展望

本論文では、貿易分析へのビッグデータ活用の一例として、一定以上の規模の全ての船舶に全世界的に発信が義務付けられた AIS 位置情報について、重要な先行研究を紹介するとともに、米国に入港するコンテナ船、全世界の石油タンカーについて、AIS がなければ貿易統計からは知り得ない船の速度、輸送に要する時間を巡って、いくつか簡単な端緒的分析を試みた。今後の研究の参考になるようデータベースの紹介を兼ねたものであって、直ちに厳密な計量分析としての批判に耐え得る完成度に達したものではなかったが、将来的な応用が可能な研究テーマはここでふれたものに限らず、広範に及ぶ。

数ある応用が期待されるトピックスの中で、特に政策的に注目されるものに、通常の貿易

統計を補完する速報的な利用があげられる。Arslanalp et al. (2019)が指摘するような「ナウキャスティング」の可能性である。貿易統計は、伝統的に原則として集計値が毎月発表されるが、刻一刻と位置情報が収集される AIS を用いれば、遅滞なく貿易の現状を把握することができるのではないかと考えられるからである。もちろん、本論文でも述べように、AIS データだけからは輸送された財が何であるかについて情報を得ることができないことが多い。例えば、石油タンカーであれば輸送されている財は粗い分類では石油であろうが、コンテナ船の場合は多種多様な財を積んでおり、個々の財の特定は困難である。このように、AIS データの限界は避けられないが、刻々と入港する船の数、それらの船の積み荷容量などから、貿易に関する数量的な情報をリアルタイムに収集する意義は、よりタイムリーな政策決定に資するものと期待される。新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の渦中で貿易量の激変を経験した現時点では、こうしたビッグデータ活用の重要性はより切実に認識されるようになったと考えられる。言うまでもなく、こうした速報の可能性は、基本的に全数の貿易を網羅する伝統的な貿易統計の意義を減ずるものではない。むしろ多様な情報源が相互に補完し合うことにより、それぞれの利用が深化されると考えられる。ここでの端緒的な試行が、今後の更なる検討につながることを期待する。

## 参照文献

- Amiti, M., Redding, S., and Weinstein, D. (2019) “The impact of the 2018 tariffs on prices and welfare,” *Journal of Economic Perspectives* 33(4), 187-210.
- Anderson, J., and van Wincoop, E. (2004) “Trade costs,” *Journal of Economic Literature* 42(3), 691-751.
- Antràs, P., and Yeaple, S. (2015) “Multinational firms and the structure of international trade,” in E. Helpman, K. Rogoff, and G. Gopinath (eds) *Handbook of International Economics* Vol.4, Chapter 2, pp.55–130, Elsevier.

- Arslanalp, S., Marini, M., and Tumbarello, P. (2019) “Big data on vessel traffic: Nowcasting trade flows in real time,” IMF Working Paper WP/19/275.
- Bernard A., and Jensen, B. (1995) “Exporters, jobs, and wages in US manufacturing: 1976-87,” *Brookings Papers on Economic Activities: Microeconomics*, 67-112.
- Brancaccio, G., Kalouptsidi, M., and Papageorgiou, T. (2020) “Geography, transportation, and endogenous trade costs,” *Econometrica* 88(2), 657-691.
- Brancaccio, G., Kalouptsidi, M., and Papageorgiou, T. (2021) “The impact of oil prices on world trade” Working paper in Economics No.1030, Boston College Department of Economics.
- Ducruet, C. (2018) *Advances in Shipping Data Analysis and Modelling*, Routledge.
- Eaton, J., Kortum,S., and Kramarz, F. (2011) “An anatomy of international trade: Evidence from French firms,” *Econometrica* 79 (5), 1453-1498.
- Einav, L., and Levin, J. (2014) “Economics in the age of big data,” *Science* 346, 1234089.
- Fally, T., and Sayre, J. (2018) “Commodity trade matters,” NBER Working Paper No.24965.
- Ganapati, S., Wong, W., and Ziv, O. (2021) “Entrepot: Hubs, scale, and trade costs,” NBER Working Paper No.29015.
- Heiland, I., Moxnes, A., Ulltveit-Moe, K., and Zi, Y. (2019) “Trade from space: Shipping networks and the global implications of local shocks,” Discussion Paper No.14193, CEPR.
- Hummels, D. (2007) “Transportation costs and international trade in the second era of globalization,” *Journal of Economic Perspectives* 21(3), 131-154.
- Jacks, D., and Stuermer, M. (2021) “Dry bulk shipping and the evolution of maritime transport costs, 1850-2020,” NBER Working Paper No.28627.
- Nanovsky, S. (2019) “The impact of oil prices on trade,” *Review of International Economics* 27, 431-447.
- Prochazka, V., Adland, R., and Wolff, F. (2019) “Contracting decisions in the crude oil

transportation market: Evidence from fixtures matched with AIS data," *Transportation Research* Part A 130, 37-53.

Varian, H. (2014) "Big data: New tricks for econometrics," *Journal of Economic Perspectives* 28(2), 3-28.