

博士学位論文

需給要因を用いたドライバルク貨物船 スポット傭船料の周期変動の分析

2022 年度
(2023 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
応用環境システム学専攻

林 光一郎

博士学位論文

需給要因を用いたドライバルク貨物船 スポット傭船料の周期変動の分析

2022 年度
(2023 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
応用環境システム学専攻

林 光一郎

目次

| | |
|--|----|
| 序章：本研究の目的と研究の構成 | 1 |
| 0. 1. 本研究の目的と背景 | 1 |
| 0. 2. 本研究の構成 | 2 |
| 第1章：ドライバルク備船市場に関する基礎知識 | 7 |
| 1. 1. ドライバルク貨物船の定義・特徴 | 7 |
| 1. 2. ドライバルク貨物船の長期的な歴史(スポット備船市場の成立まで) | 15 |
| 1. 3. ドライバルク貨物船の契約形態 | 17 |
| 1. 4. スポット備船契約での運賃/備船料の決定手順 | 19 |
| 1. 5. バルチック指標の算出方法 | 20 |
| 第2章 20世紀末以降のドライバルク備船マーケットの推移 | 23 |
| 2. 1. BDI 登場前史(1989～1998) | 24 |
| 2. 2. BDI の登場と海運ブーム前夜(1999～2002) | 26 |
| 2. 3. 海運バブル前期(2003～2005) | 26 |
| 2. 4. 海運バブル後期(2006～2008) | 28 |
| 2. 5. リバウンドと反落(2009～2012) | 30 |
| 2. 6. 市況回復への期待と失望(2013～2015) | 31 |
| 2. 7. 大底からの回復と環境関連規制の影響(2016～2018) | 32 |
| 2. 8. 新型コロナウイルス感染拡大下の市況上昇(2019～2022) | 33 |
| 第3章：備船料の変動についての先行言論・研究 | 35 |
| 3. 1. 運賃・備船料の変動の論じ方の推移 | 35 |
| 3. 2. 運賃・備船料変動の研究についてのサーベイ論文 | 39 |
| 3. 3. 備船市況の周期変動が発生する理由に関する研究 | 40 |
| 3. 4. 備船市況の周期変動そのものに着目した論文 | 46 |
| 3. 5. 統計手法の利用で準拠した教科書 | 47 |
| 第4章：本研究のフレームワーク | 48 |
| 4. 1. 分析の目的： SHIPPING サイクル(3年～4年周期の変動)の判定と性質特定 | 48 |
| 4. 2. 備船料を定めるモデル：需給で決まる水準とそこからの乖離 | 49 |
| 4. 3. 備船料変動の要因分解と本研究で取り上げる要因 | 50 |
| 4. 4. 分析するマーケット：パナマックス船型 | 54 |
| 第5章：備船料と需給比率の連動性と平均回帰性 | 56 |
| 5. 1. 本章の概要 | 56 |
| 5. 2. 本章に関連する先行研究 | 57 |
| 5. 3. 分析手法 | 58 |
| 5. 4. 分析結果 | 62 |
| 5. 5. 本章の結論とさらなる考察 | 65 |

| | |
|--|-----|
| 第6章：傭船料の循環変動と船腹の発注/竣工タイムラグの関係 | 66 |
| 6. 1. 本章の概要 | 66 |
| 6. 2. 本章に関連する先行文献調査 | 67 |
| 6. 3. データおよび分析手法 | 67 |
| 6. 4. 分析結果 | 68 |
| 6. 5. 傭船料乖離の循環サイクルと発注/竣工タイムラグの関係 | 71 |
| 6. 6. 本章の結論とさらなる考察 | 74 |
| 第7章：傭船料と需給比率の関係変化のマルコフ転換モデルによる検出 | 75 |
| 7. 1. 本章の概要 | 75 |
| 7. 2. 本章に関連する先行研究調査 | 76 |
| 7. 3. データおよび分析手法 | 78 |
| 7. 4. 分析結果 | 80 |
| 7. 5. 分析結果の考察 | 87 |
| 7. 6. 本章の結論とさらなる考察 | 87 |
| 第8章：需要指標に契約－船積間隔を用いた単調減衰変動の分析 | 89 |
| 8. 1. 本章の概要 | 89 |
| 8. 2. 本章に関連する先行文献調査 | 90 |
| 8. 3. 利用手法・データ | 91 |
| 8. 4. 分析結果 | 94 |
| 8. 5. 研究の意義と今後の課題 | 99 |
| 第9章：本研究の貢献と限界、今後の課題 | 100 |
| 9. 1. 本研究の貢献 | 100 |
| 9. 2. 本研究の限界 | 100 |
| 9. 3. 今後の課題 | 101 |
| 参考文献 | 103 |

序章：本研究の目的と研究の構成

0. 1. 本研究の目的と背景

本研究はドライバルク貨物船のパナマックス船型(以下「パナマックスバルカー」とも呼ぶ)のスポット傭船市場を対象とし、傭船料の周期的な変動特性を需要と供給(すなわち荷動きと船腹量)を元に分析したものである。

筆者は海運会社でドライバルク貨物船のアナリストを長く担当しており、この研究は実務上の問題意識から生まれたものである。実務家の間では傭船料は基本的に荷動きと船腹量との間の関係で決まるものだという認識が存在し、多くの調査会社が荷動きや船腹量の予測に力を入れている。もちろん予測なので外れることも多いのだが、筆者が疑問に感じていたのはそこではなく、予測がほぼ正しかった場合でも傭船料が荷動きと船腹量から想定される水準から大きく乖離する状況がしばしば発生することであった。

実際の傭船料と荷動き・船腹量から推定される傭船料の乖離のうち筆者が分析に最も苦心したのは、毎月不規則に発生する乖離ではなく、数年に渡って継続する長期の乖離である。傭船料には実務家の間で「 SHIPPING サイクル」と呼ばれる数年単位での変動が存在し、筆者が実務家として行っていた分析では傭船料と需要/供給の乖離はこの SHIPPING サイクルと連動しているように見えていた。筆者はこの乖離の正体をきちんとした形で解き明かしたいと考えた。

傭船料が需要/供給で定まる水準から乖離する現象を究明する意義は、単に海運業や関連産業(造船業など)が事業から適正な利潤を得られるようにすることに留まらない。例えば、海運業界は現在世界の温暖化ガス排出量の 2 パーセントを占めているが、様々な技術・事業の特性から排出削減が困難な分野と見なされている(IEA, 2022 など)。中でもドライバルク貨物船では 2030 年代前半の非常に短い期間に大量の船隊の解撤と代替発注が発生すると予測されており、代替発注船が低排出燃料に対応するためには何らかの公的なサポートが必要であることが想定されている(Hayashi, 2022a)。このような公的なサポートを設計し、その是非を評価するためには将来の傭船料を予測する必要があり、その過程で需要/供給との関係性の理解が必要になるのである。

実務の世界には傭船料と荷動き・船腹量の間を分析するためのきちんとしたフレームワークが存在せず、筆者は実務の世界でも著名な教科書である「マリタイム・エコノミクス」(Stopford, 2009)を手掛かりに学術の世界での先行研究を調べていくことにした。学術の世界にはそれまで筆者が知らなかった海運マーケットの変動に関する知見が存在し、大きく視界が広がったが、調査を進めていくにつれて何点か自分の問題意識と合わない点が見つ

かった。

問題意識と合わない点の一つは、先行研究が現在の海運マーケットの状況に対応していないことである。傭船料と荷動き・船腹量の関係についての先行研究は様々な原因により1990年代半ばで止まっており(詳細は第3章で詳述)、それ以降に発生した学术界での統計手法の進歩、あるいは実業界での船型分化の進展や指標の高頻度化などに対応していないのである。このため、先行研究で得られた知見が現代の海運マーケットにどの程度当てはまるかを知るためには、各種の進歩を踏まえて研究のアップデートを行うことが必要な状態にあった。

問題意識と合わない点のもう一つは、先行研究の多く、特に SHIPPING サイクルと合致する数年周期の変動をカバーするものは、傭船料の周期的な変動を荷動き・船腹量の変動によって説明している点である。このような説明には実務家として納得できる部分も多くあるが、筆者の問題意識は上記の通り「実際の傭船料と荷動き・船腹量から推定される傭船料の乖離」であるため、その問題意識を満たすものではなかったのである。

本研究は筆者が感じていた上記の2点の問題を解消するために行ったものである。すなわち、傭船料と荷動き・傭船料の関係についての先行研究を踏まえた上で、現在学术界で利用されている分析手法と実務家が利用しているデータとを用いたアプローチを行い、なおかつ実際の傭船料と荷動き・船腹量から推定される傭船料の乖離について焦点を当てて分析を行ったものである。

0. 2. 本研究の構成

本研究の構成は以下のようになっている。

第1章では本研究が対象とするパナマックスバルカーが属するドライバルク貨物船、およびそのスポット傭船市場について、本研究を理解するために必要となる実務的な基本知識の解説を行っている。具体的な内容は以下の通りである。

- ドライバルク貨物船の定義・特徴
- ドライバルク貨物船の長期的な歴史(ドライバルク貨物船の成立から現在のようなスポット傭船市場が成立するまでの歴史)
- ドライバルク貨物船の各種の傭船契約の種類
- スポット傭船契約での傭船料の決定手順
- 現在業界標準となっているバルチック海運取引所公開のスポット傭船マーケット指標の算出方法

第2章では、本研究で対象とするバルチック指標が登場して以降のドライバルク貨物船備船マーケットについて、実務家の間で認識されている SHIPPING サイクルを踏まえた期間の分割を行い、荷動きと船腹量、そして備船マーケット全体をカバーする指標である BDI の動きについて解説している。これは本研究の中で統計的に行われる備船料や荷動き、船腹量の分析が、どのような背景のもとで行われ、実務家がどのように認識していたのかを知るために必要である。具体的に取り上げた期間は以下の通りである。

- BDI 登場前史(1989～1998)
- BDI の登場と海運ブーム前夜(1999～2002)
- 海運バブル前期(2003～2005)
- 海運バブル後期(2006～2008)
- リバウンドと反落(2009～2012)
- マーケット回復への期待と失望(2013～2015)
- 大底からの回復と環境関連規制の影響(2016～2019)
- 新型コロナウイルス感染拡大下の市況上昇(2020～2022)

第3章では、実業界と学术界で海運マーケット分析がこれまでどのように行われてきたかについて、研究の歴史の概観と、本研究全体に関係する先行研究の具体的な調査結果についてそれぞれ述べる。

海運マーケット分析研究史の概観は以下のようなものである。学术界では備船料と需要・供給の関係は計量経済学の初期の重要なテーマだった。これは「理論に基づいて経済モデルを作成し、その妥当性を実証データの統計的な処理に基づいて検証する」という計量経済学の特長上、世界単一市場であり早い時期から荷動きや船腹量、運賃/備船料のデータを研究者が入手可能だった海運業が良い研究対象となったためである。だが、1990年代中盤以降に荷動きと船腹量に基づいた海運市況分析の研究はほぼ断絶する。これは学術と実務の二つの世界で生じた要因が重なったことが原因である。学術の世界では時系列分析分野での研究の進展を受けて過去の研究成果の多くに誤り(時系列データ間の関係が誤って統計的に有意とされていた)が見つかり、実務の世界では業務形態の変化や新たなデータソースの登場により分析に利用するデータが変化してそれまで学術研究者が持っていたノウハウが利用できなくなった。1990年代以降に学术界で行われてきた海運市況分析では複数の運賃/備船料の間関係、あるいは為替や他の商品価格など入手しやすく取り扱いに業務知識が不要な景気代理指標との間関係が分析対象の中心となり、本研究のテーマである荷動き・船腹量を中心に据えたものはほとんど見られなくなった。

本研究全体に関係する先行研究としては、「運賃・備船料変動の研究についてのサーベイ論

文」「備船市況の変動が発生する理由に関する研究」「備船市況の周期変動そのものに着目した論文」の3分野を取り上げ、それぞれに調査を行なった。

第4章では、第1章～第3章の分析を踏まえた上で、本研究のフレームワークを提示した。具体的には、分析の目的をドライバルク備船市場における SHIPPING サイクルの発見と性質特定とすること、分析とする市場をドライバルク貨物船のパナマックス船型とし、パナマックス船型に対応する備船料、荷動き・船腹量を実務的な知見を踏まえて定義づけて分析を行うこと。備船料が荷動き・船腹量で定まることを備船料と需給比率(荷動き÷船腹量)の間の単回帰モデルで示すこと、起こりうる備船料変動の要因分解を行い、「短期・不規則な乖離の変動」「循環性を持つ乖離の変動」「モデルの変化による変動」の3つの要因に着目して分析を行うことである。

第5章から第8章が、第4章で提示したフレームワークを用いて行った具体的な分析の記述となる。

第5章では、パナマックスバルカーの備船料が基本的に需給比率の単回帰で説明できるのか、需給比率の単回帰の水準からの短期・不規則な乖離がどのように減衰するのかという2点について、現在主流となっている時系列分析手法を用いた分析を行った。備船料と需給比率の関係の分析については単位根検定と共和分の判定を用いて行い、乖離の減衰の分析については時系列モデルの一つ AR(1)モデルの当てはめを用いて行った。AR(1)モデルの当てはめにより、乖離は月を追うごとにほぼ半減することが確認できた。なお、荷動き量と船腹量から需給比率を導出し、備船料と比較するという分析手順は後ろの章とも共通するものであり、分析手順は本章でまとめて記載している。

第6章では循環性を持つ乖離の変動の分析を行った。本章で利用した手法はコレログラムを用いた可視化であり、周期38か月、大きさが理論備船料を基準として±25パーセント程度である統計的に有意な循環変動が存在することを示すことができた。また、備船料と新造船発注量の関係と対比することにより、実際の新造船発注量が備船料と連動する水準から乖離することが船主のセンチメントの変化を引き起こし、それが備船料の需給水準からの乖離を引き起こすというメカニズムが存在する可能性を提示できた。

第7章ではモデルの変化による変動の分析を行った。この種の乖離については、学術分野だけではなく実務の世界にも原因を提示する先行研究が存在しない。このため、原因が分からないことを前提として分析する手法、具体的には観測できない要因によるモデルの変化を統計的に検出する手法であるマルコフ転換モデルを採用し、備船料と需給比率の関係に当てはめる分析を行なった。その結果、備船料と需給比率の関係を擾乱する外部要因が存在しない時期については、実務的な SHIPPING サイクルの理解に一致する状態の変化タイミング

グを検出することができた。一方で、両者の関係を擾乱する要因(上位船型の傭船料が高騰している際にはパナマックス船型でも需給比率に関わらず傭船料が上昇する)が存在する場合には SHIPPING サイクルではなく擾乱要因の存在の有無がモデルの変化として検出された。

第8章では、ここまでの章で利用してきた需給比率以外の傭船料変動要因を用い、短期・不規則な乖離の分析を行った。ここで用いた傭船料変動要因は傭船契約の契約日と船積日の間隔(以下「契約-船積間隔」と記述)である。市場参加者の傭船料への期待が変化することによって契約-船積間隔が変動し、その結果として実際の需給比率の変動が起きなくても傭船料が変動することは Zannetos(1966)により異時点間代替による予言の自己実現として示されていた。契約-船積間隔が傭船料に影響を与えるか否か、与えるのであれば短期・不規則な影響なのか周期的な影響なのかは本研究の中心テーマに関わってくる。分析の結果、契約-船積間隔と需給比率の間には相関関係が無いこと、契約-船積間隔と傭船料の間にインパルス応答やグレンジャー因果性といった手法で関係が検出され影響が短期・不規則なものであることを確認できたこと、新型コロナウイルス感染拡大を受けた検疫の強化などの影響で契約-船積間隔が通常と異なる状況になっていた時期には関係が検出できなかったことなどが示された。

第9章は本研究の貢献と限界、および今後の課題について述べたものである。

この研究の貢献は3点ある。1点目は、荷動き量と船腹量について現代的な実務知識を学術研究に導入した点である。現代の海運マーケットでは船型の分化が進み、個別の船型ごとの荷動き量と船腹量を取り扱わなければ十分な解像度での分析を行なえなくなっているが、このような知識は純粋に実務的なものであり、学術研究者にとってアクセスが難しいものだった。本研究が提示した傭船料と荷動き・船腹量を取り扱うフレームワークは今後の学術研究の土台となりうるものである。

2点目は、傭船料の変動において絶対値ではなく需給水準からの乖離に注目したことである。従来の学術的な研究の多くは傭船料の変化が需要と供給の変化との相互作用によって引き起こされることをモデル化したものである。だが、実務の世界では先述の通り需要と供給の変化は独立して分析されており、そのために「需要と供給に基づいてどのように傭船料が決まるのか」という点が注目されている。本研究ではこの着眼点を用いて上記のような分析結果を得ることができた。

3点目は、傭船料の需給水準からの乖離を複数の性質、具体的には「短期・不規則な乖離の変動」「循環性を持つ乖離の変動」「モデルの変化による変動」の3つに分けて捉え、その分析を個別に行った点である。これにより、複数の形で生じる乖離を包括してカバーすること

ができた。

研究の限界については、データの不足、具体的には需要としてのトンマイルや供給としての平均速度、係船/滞船などのデータが利用できなかったこと、データを月次で扱っていたためデータ件数が十分でなかったことなどを述べ、それらは今後のデータ蓄積によって研究に取り入れられていくだろうことを述べた。

今後の課題としては、実務的には「周期的に発生する傭船料と需給の関係性の変化」について、具体的な原因を見つけ出すことである。その前段階としてはマルコフ転換モデルによる状態の変化をより長い期間に対して適用し、 SHIPPING サイクルとして同定する作業が重要になるだろう。学術的には、本研究の中で取り上げた 3 つの異なる性質を持つ乖離を一つのモデルで統合して扱うことである。このようなモデルとしては状態-空間モデルが候補となるだろう。

第1章：ドライバルク備船市場に関する基礎知識

本章では本研究が対象とするパナマックスバルカーが属するドライバルク貨物船、およびそのスポット備船市場について、本研究を理解するために必要となる実務的な基本知識の解説を行っている。具体的な内容は以下の通りである。

- ドライバルク貨物船の定義・特徴
- ドライバルク貨物船の長期的な歴史(ドライバルク貨物船の成立から現在のようなスポット備船市場が成立するまでの歴史)
- ドライバルク貨物船の各種の備船契約の種類
- スポット備船契約での備船料の決定手順
- 現在業界標準となっているバルチック海運取引所公開のスポット備船マーケット指標の算出方法

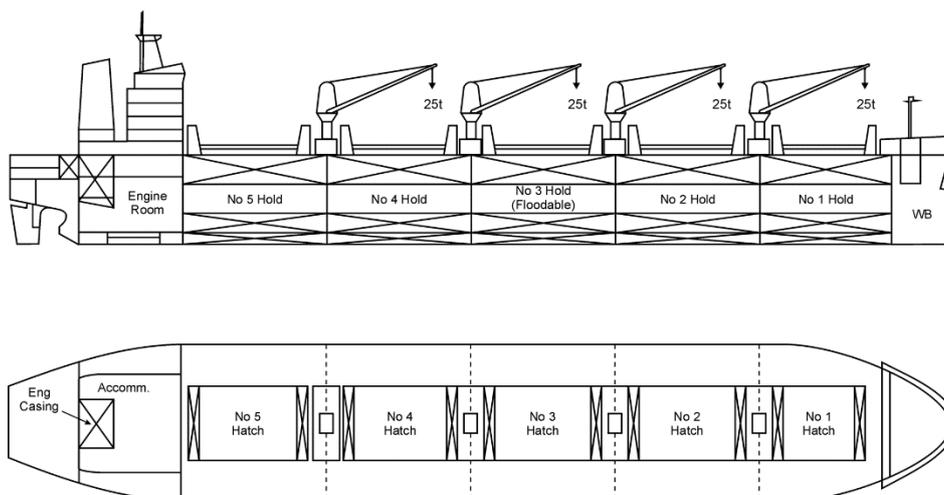
なお、ドライバルク貨物船の歴史のうちスポット備船マーケット指標が成立して以降のマーケットの推移とその解説については次の第2章で取り扱う。

1. 1. ドライバルク貨物船の定義・特徴

ドライバルク貨物船(日本語では他に「ばら積み船」、英語では”dry bulker”)とは梱包(コンテナ化を含む)されていない乾貨物を専門に輸送する貨物船のことである。梱包されていない貨物はばら積み貨物(bulk cargo)と呼ばれ、広義には鉱石、石炭、穀物などの乾貨物(dry bulk cargo)と原油・石油製品などの液状貨物(liquid bulk cargo)の両方を含むが、単にばら積み貨物、ばら積み船と言った場合には乾貨物、ドライバルク貨物船のみを指すことが一般的である。また、本研究はドライバルク貨物船のうち外航船型を扱っており、一般的な外航船型の定義である1万載貨重量トン(DWT)¹を超える大きさのものを対象としている。

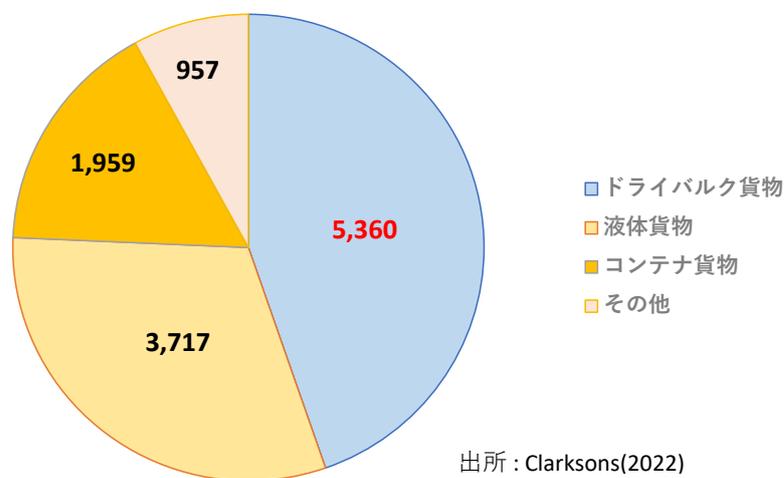
ドライバルク貨物船は構造がシンプルであり、船または岸壁に設置されたクレーンやベルトコンベヤを用いてばら積み貨物を船倉(ホールド)に直接流し込んだり取り出したりすることで荷役を行う。船倉がこのような利用されるため船倉の内部に甲板(デッキ)は無く、船倉の上に蓋(ハッチ)が付いているだけの構造になっている。これに対し、梱包された貨物を輸送する在来貨物船では、船倉内に取り外しができるデッキがあり、それを付け外して貨物を多段積みする。ドライバルク貨物船の一般的な構造(ギアを搭載した船型)を図表 1-01 に示す。

¹ 載貨重量トン(Deadweight Tonnage, DWT)は貨物船の大きさを表す単位であり、満載状態で搭載できる貨物のトン数を示す。



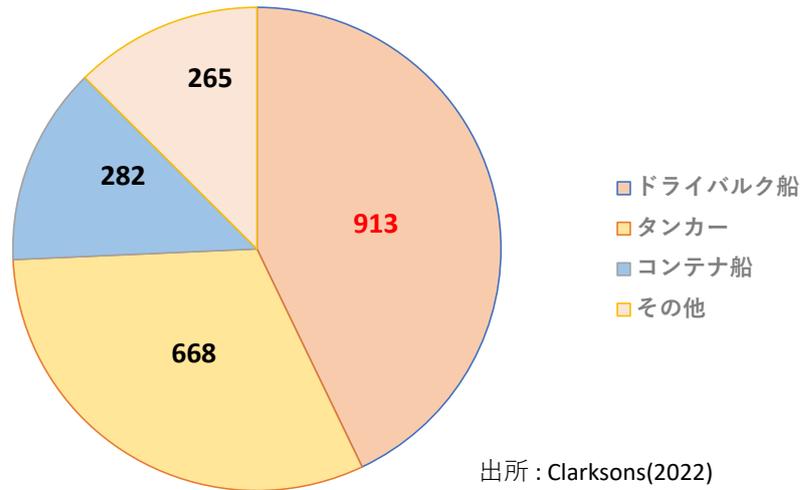
図表 1-01:ギア付きドライバルク貨物船の構造(出所;wikiwand.com)

ドライバルク貨物船が運ぶ貨物としては、鉄鉱石、石炭、穀物の三大メジャーバルク、およびメジャーバルク以外のばら積み貨物(肥料や非鉄金属鉱石など)を包括的に指す用語であるマイナーバルクがある。2021年の世界の各種貨物別の海上荷動き量は図表 1-02 の通りで、ドライバルク貨物は世界の荷動き量 119.9 億トンのうち 53.6 億トン、45 パーセントを占める(Clarksons, 2022)。



図表 1-02 : 世界の海上荷動き量に占める各種貨物の比率(単位 : 百万トン)

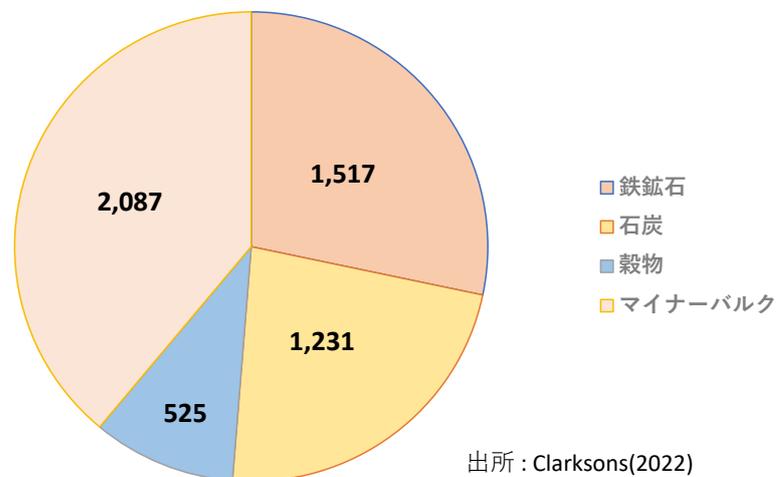
また、船の側から見て、世界の貨物船隊を種別ごとに集計するとドライバルク貨物船は最大のシェアを占める。2021年の世界の船種別の船腹量(DWTでの集計)は図表 1-03の通りで、ドライバルク船は世界の貨物船隊 21.3 億 DWTのうち 9.1 億トン、43 パーセントを占める(Clarksons, 2022)。



図表 1-03 : 世界の貨物船隊に占める船種ごとの比率(単位 : 百万 DWT)

これら貨物船隊全体の話に加え、ドライバルク貨物と船隊の内訳を詳しく見ていく。

まず、ドライバルク貨物の内訳(三大メジャーバルク、マイナーバルク)は図表 1-04 のようになる。



図表 1-04 : ドライバルク貨物の内訳(単位 : 百万トン)

これら貨物はそれぞれに輸送パターンが異なっているが、基本的には輸送航路は世界全体に広がっている。海運情報会社 IHS Markit 社が 2022 年 1 月時点で該当貨物を輸送中のドライバルク貨物船の位置を世界地図にプロットしたものを示す(IHS Markit, 2022)。



図表 1-05：鉄鉱石輸送中のドライバルク貨物船の位置



図表 1-06：石炭輸送中のドライバルク貨物船の位置



図表 1-07：穀物輸送中のドライバルク貨物船の位置



図表 1-08：マイナーバルク輸送中のドライバルク貨物船の位置

ドライバルク貨物船は大きさによって積載する貨物や投入される航路が分かれており、複数の船型に区分して取り扱われる。船型区分の定義は調査会社によって異なり、また時代に応じて変化してきているが、最も広く使われ、本研究でも採用した Clarksons Research 社が 2021 年 1 月時点で採用していた区分はケープサイズ、パナマックス、ハンディマックス、ハンディサイズの 4 つである。それぞれの特徴は以下の通りである。

【ケープサイズ：100,000 DWT 以上】

ドライバルク貨物船最大の船型区分。10 万 DWT 強のミニケープという船型から 40 万 DWT のブラジル出し鉄鉱石の専用船であるヴァーレマックスまで船型の幅が広いのが特徴。主要貨物は鉄鉱石で、ケープサイズが運ぶ貨物の 8~9 割を占める(残りの貨物の大部分は石炭)。



図表 1-09: ケープサイズ船型の写真(出所：日本郵船)

荷動きの面では鉄鉱石への依存度が高く、加えて鉄鉱石海上輸送はごく少数の鉄鉱石生産者が寡占する市場であるため、それら鉄鉱石生産者や主要積み出し港の動向を受けて備船料の変動が大きいのが特徴。

【パナマックス：65,000～99,999 DWT】

主要貨物は石炭と穀物で、それぞれ荷動きの約半分と3分の1強を占める。主要貨物として石炭と穀物の2種類が存在すること、また石炭、穀物いずれも多数の荷主が参加する競争性の高いマーケットであることから、ケープサイズと比べて特定の荷主、積み出し港が備船料に与える影響は低い。一方で主要貨物が存在し個別品目に分かれたマイナーバルク(鉄鉱石、石炭、穀物以外のドライバルク貨物を包括的に指す用語)を主要貨物とする小型船型と比べると、船型全体としての市場の連動性は強い。この2つの要因が重なることで、パナマックス船型のスポット備船マーケットは4つの船型区分の中でもっとも厚みがあり、結果として最も完全競争に近いマーケットとなっている。



図表 1-10: パナマックス船型の写真(出所：日本郵船)

【ハンディマックス：40,000～64,999 DWT】

ハンディマックスより小さな船型は一般的にはギア(貨物を岸壁に積み下ろしするためのクレーン設備)を搭載する。これに対し、ケープサイズとパナマックスではギアは搭載されず。荷役設備は港の岸壁側に用意されることが基本になる。ハンディマックスの主要貨物はパナマックスと同じ石炭、穀物に加えてマイナーバルクである。マイナーバルク貨物は多くの種類に分かれており、それぞれが異なる輸送特性を持つ(例えば湿気や臭気に弱い、自然発火する、輸送中の振動で固まってしまい船の重心が変化するため、特定の船やその運航者は特定の貨物の輸送に特化する傾向が強い。このことは特定貨物ごとのサブマーケット間の連動性が低いことを意味し、備船マーケットの流動性はパナマックスに劣る。



図表 1-11: ハンディマックス船型の写真(出所：日本郵船)

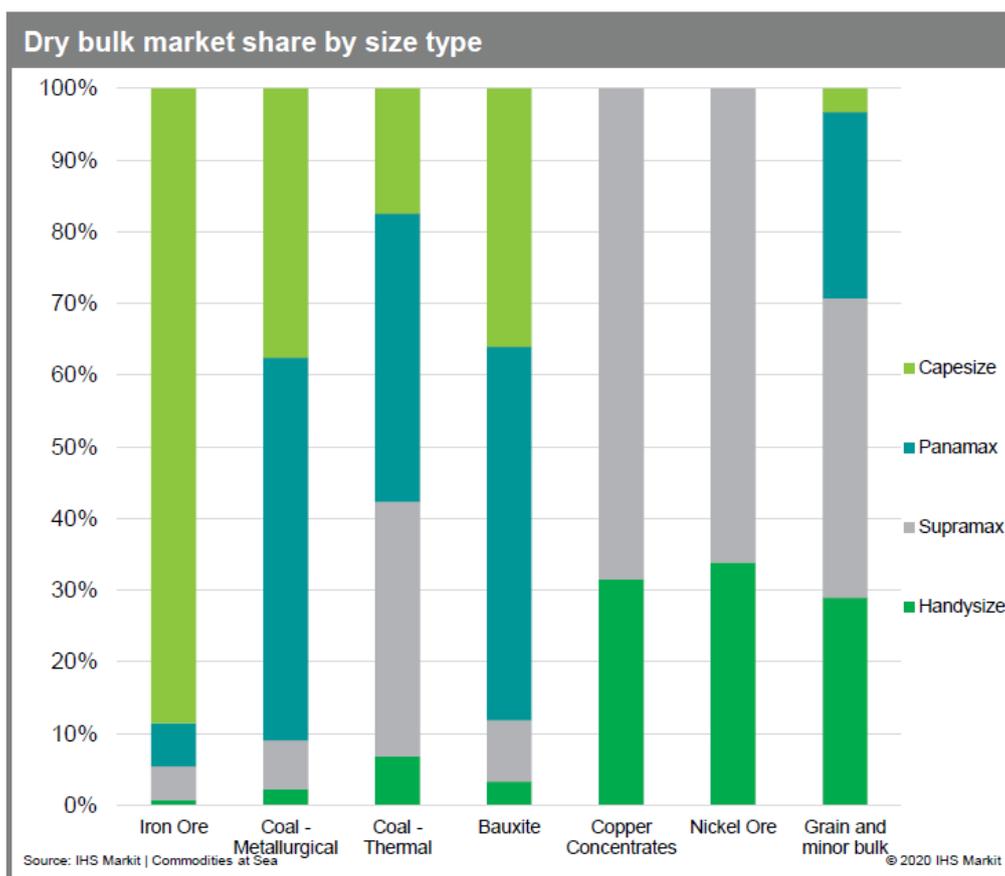
【ハンディサイズ：10,000～39,999 DWT】

外航ドライバルク貨物船の最小船型区分である。ハンディサイズの主要貨物はマイナーバルクであり、ハンディマックスで述べた通り貨物や港の組み合わせによるサブマーケットの分断傾向が強い。このためハンディサイズのマーケットの流動性はハンディマックスよりも更に低いものになっている。



図表 1-12: ハンディマックス船型の写真(出所：日本郵船)

各種のドライバルク貨物がどの船型で運ばれているかについては各種の調査会社が推計したものが報告されている。図表 1-13 はその一例で、IHS Markit 社に所属する海運アナリストが 2020 年秋時点で集計した推計値を講演資料に掲載したものである (Lee, 2020)。



図表 1-13: ドライバルク貨物と輸送船型(出所: IHS Markit)

2021年1月時点のドライバルク船4船型区分それぞれの隻数、DWT合計およびその比率は図表 1-14 のようになる。小型船型は隻数では比率が高いが DWT で集計すると比率が低くなる(Clarksons, 2021)。



図表 1-14: ドライバルク貨物船隊における各船型の比率

なお、ドライバルク貨物船はこれらの船型区分の幅の間に満遍なく存在するわけではない。マーケット性がありスポット輸送の中心となる船型は特定の大きさに集中しており、その大きさの船型が各船型区分の中での標準船型と見なされる。それ以外の船型は基本的には特定の荷主・航路の専属輸送に従事する専用船として扱われる。

標準船型は、船による輸送コストは大型化するほど低下することと、主要貨物ごとに利用できる船のサイズ制限が存在することという2つの制約要因が重なることで成立する。前者は船が大型化することで積載量が増加する比率と運航に必要な乗組員やエンジンが消費する燃料の比率では後者の方が小さいことで生じる。後者は、主要貨物の輸送のためのサイズ制限(主要な港や水路、運河など)を満たせない船はマーケット性が下がり収益性が悪くなることで生じる。このため、主要貨物ごとの最大船型が標準船型として成立するのである。

2021年1月時点での各船型区分内での主要な標準船型のサイズとその呼び名は図表 1-15 の通りである。

| 船型区分 | 標準船型のサイズ(DWT) | 標準船型名称 |
|----------|---------------|----------|
| ケープサイズ | 185,000DWT | ダンケルク |
| パナマックス | 82,500DWT | カムサマックス |
| ハンディマックス | 53,000DWT | スープラマックス |
| ハンディサイズ | 37,000DWT | (固有名称無し) |

図表 1-15：船型区分ごとの標準船型とその呼び名

なお、標準船型の船の間でもそれぞれのスペックは完全に一致するわけではない。建造した造船所や建造タイミングによって、細かな DWT、速力、燃料油消費量などのスペックは一船ごとに異なる。

1. 2. ドライバルク貨物船の長期的な歴史(スポット傭船市場の成立まで)

ドライバルク貨物船は上に述べた通り構造が非常にシンプルであり、また輸送する貨物も穀物など古代から海上輸送されていたものが中心である。このため、ドライバルク貨物船は古代から存在していたという印象が持たれることが多い。

だがこの理解は正しくない。外航貨物船としてのドライバルク貨物船が本格的に登場したのは1950年代であり、コンテナ船とほぼ同じタイミングである。19世紀後半に登場した外航タンカーよりもはるかに新しい船型なのである。

長く外航海運でドライバルク貨物に特化した貨物船が必要とされなかった理由は、ドライ

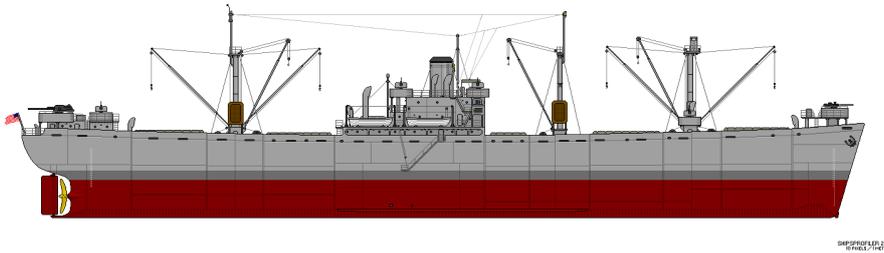
バルク貨物船を活用するためには一船まるごとをドライバルク貨物で埋める必要があり、また港湾の側にもそれだけのロットのばら積み貨物を扱う設備(貯蔵施設)などが必要なためである。外航貨物に占めるドライバルク貨物の比率は長い間小さく、在来船(一般貨物船)の一部で輸送する(多くの場合 2 段の貨物艙のうち下層がドライバルク貨物に充てられる)ほうが専用の船と港湾設備を整備するよりも効率が良かった。

もっとも、この条件を逆に言えば、ドライバルク貨物で一船丸ごとを埋め、専用の港湾設備を整備できるという条件が揃えば、ドライバルク貨物船を専用船として投入することが有利であったということでもある。近代的な貨物船でこのような条件が最初に整ったのは英国の沿岸における鉄鉱石の輸送であり、1852 年には世界最初の動力付き貨物船 SS John Bowes が竣工した。その後は五大湖などが主要なドライバルク貨物船の活躍場所になっていく。

外洋航路でのドライバルク貨物船の運用は、上記の SS John Bowes と同様に特定の製鉄所と鉱山の間を結ぶ専用船のシャトルサービスとして開始された。具体的には、ベツレヘム・スチール社がチリの鉱山からポルチモアの製鉄所までパナマ運河を經由して鉄鉱石を輸送するため、Sveland と Americaland の 2 隻が建造され、1925 年に竣工した。この 2 隻は現代のドライバルク貨物船と基本的に同じ構造を持ち、また 22,000DWT という大きさは当時の外航貨物船として世界最大であった(Stopford, 2014)。

荷主や投入航路が決まっている専用船ではなく、マーケット性を持ち不特定の航路に備船、投入される船舶としてドライバルク貨物船が登場するのは先述の通り 1950 年代に入ってからになる。その背景には 2 つの理由がある。一つは日米欧の先進国間でドライバルク貨物輸送が増加したこと。特に日本の戦後復興が始まりドライバルク貨物の輸入が急増し始めたため、海運にもそのサポートが求められるようになった。具体的には安定的なドライバルク貨物の大量輸送を低コストで行うための船隊整備が必要になり、それに適した船型の開発が求められるようになったのである。

もう一つの理由は船隊側の理由である。この時期の世界の海上輸送では第二次世界大戦中に米国で建造された戦時標準船リバティ船が主力として用いられていた(図表 1-16)。リバティ船は梱包された貨物とドライバルク貨物を共に積載することができる在来船(一般貨物船)である。このリバティ船は不慣れな工具によって急造されたため船齢が若い段階で不具合が発生することが多く、通常の退役年齢よりもやや若い 1950 年代半ばから代替船の発注が本格化した。その際に船主の多くが急増していたドライバルク貨物に対応するためにドライバルク貨物を専用積載する船種を選択したのである。



図表 1-16:リバティ船のイラスト(出所：SHIPSPROFILER)

初期のドライバルク貨物船は1万1千DWTのリバティ船の代替として発注されたため、互換性のある寸法で建造できる1万5千DWT程度のサイズが中心であった。具体的には石川島播磨のフリーダム型や英国のSD-14型などの船型がこれに当たる。

リバティ船の代替として建造された第一世代のドライバルク貨物船が登場した後はドライバルク貨物船の船型は急速に大型化し、標準船型が形成されていった。大型化と標準船型形成の理由は前節で述べた通りである。

形成されたドライバルク貨物船の標準船型は、現在は全体として安定した状態にある。その理由は、一旦標準船型が形成された後は、その後に整備されるドライバルク貨物の標準ロットサイズや港湾のインフラの寸法がその標準船型に合わせて整備される傾向にあることによる(標準船型が利用できない場合にはコスト高になるし、標準船型に対して余裕を持たせる場合には無駄になる)。なお、これは輸送単位が一船借り切りであるドライバルク貨物船の特徴で、輸送単位がコンテナであるコンテナ船では継続的な船型の大型化が発生している。

このような状況下でもドライバルク貨物船の標準船型の変化は緩やかに続いている。その経路は複数存在する。港湾などのインフラ整備がドライバルク貨物船の標準船型とは独立した形で進み、それによってボトルネックが解消され大きな船型が受け入れ可能になるというものが経路の一つである。他の経路として、新しい貨物や輸出入国が登場して大きな市場シェアを占めることになると、その貨物のための航路の制約条件を踏まえて新たな標準船型が成立するというものもある。そしてもう一つの経路は、ドライバルク貨物船の船型は先述のように通常DWTで測られる一方で、港湾インフラなどの制約は寸法(長さ/幅/喫水)によるものであるため、造船技術の進歩により同じ寸法であってもより大きなDWTを実現できるようになるというものである。

1. 3. ドライバルク貨物船の契約形態

ドライバルク貨物船の輸送契約では一隻の船を丸々借り切って荷主の都合に合わせたスケ

ジュールで必要な区間の航海を行う形態が普通である(複数港積み・揚げは存在するが例外的なオペレーションとなる)。この契約形態は事前に決まった公開スケジュールで船が動き、荷主はその船のスペースの一部を共有する形となるコンテナ船などの定期船と大きく異なる。

ドライバルク貨物船の契約形態には以下のような種類がある。

【連続航海用船契約】

ある一定期間を定めてその間に行われるすべての航海を対象とする契約。専用船として特定の荷主向けに原材料を輸送する場合に用いられるのがこの契約である。

【C.O.A.(数量輸送契約；Contract Of Affreightment)】

正確にはこれは船についての契約形態ではない。船社と荷主との間で利用する船を定めず、特定の貨物を一定の期間に一定数量、特定の積地から特定の揚地に輸送するという契約。海運会社は利用する船を状況に応じて選ぶことができる。

【期間備船契約】

備船の対象となる期間を日付で定めた契約。期間の長さは1か月から数年とさまざまで、また期間を延長できるオプション付きで契約されるものも多い。

【航海備船契約(スポット備船契約)】

一回分の輸送に相当する航海期間に対応した備船契約。荷主から見た輸送と船舶の備船とを結びつけて扱うことができる。最もマーケットに厚みがある契約形態であり、ドライバルク貨物船市況を表す標準として用いられているバルチック指標もこのスポット備船契約を対象にしている。

スポット備船契約はそれぞれに貨物の明細(トン数、積地、揚地)も船のスペックが異なるため、個々に条件が異なる契約となる。ゆえにそのままでは契約間で支払われる料金の比較ができない。このため、貨物1トン当たりの輸送価格である運賃と、船を一日借り切る価格である備船料とが、比較可能な価格としてどちらも利用される。運賃と備船料については基本的には以下のような関係が成立する(このほかに状況に応じて様々なチャージが発生する)。

運賃(ドル/トン) × 輸送数量(トン) = 備船料(ドル/日) × 航海日数 + 燃料費 + 港湾・運河利用料金

本研究ではスポット備船料を対象に分析を行ない、本文中で単に「備船料」と記載した場合にはスポット備船料を意味する。

1. 4. スポット備船契約での運賃/備船料の決定手順

ドライバルク貨物船でスポット備船契約を行う場合には、一般的には下記のような手順で備船料が定まり、Fixture(成約情報)として公開される。

① 運びたい貨物を持っている荷主は、スポット備船契約を仲介するブローカーに対して貨物の条件を提示して備船可能な船を探す。提示される条件には以下のようなものがある。

- ・ 貨物のトン数 / 種類
- ・ 備船者 / 貸船者（備船中の船が別の備船者に又貸しされることがあり船主とは一致しないことがある）
- ・ 備船開始場所
- ・ 積み地
- ・ 揚げ地
- ・ 備船終了場所
- ・ 積み荷役可能期間(Laycan)
- ・ 一日当たり備船料
- ・ バラストボーナス(存在する場合)

バラストボーナスとは備船開始場所が前航の揚げ地の場合に発生したはずの“バラスト”(空船)航行期間の備船料と燃料費相当分の一括払い追加支払額のこと。バラストボーナスは備船開始場所が標準貨物とは異なる特定航路の場合、あるいはマーケット低迷期(船余りの時期)に次の航海の備船契約を結ばないまま見切りで積み地に向けて出帆した場合に発生する。バラストボーナスの金額はかならずしもバラスト航海相当分であるとは限らない。

上記の提示条件の中には揚げ地への到着日時は含まれていない。貸船者の義務は積地における貨物を受け渡し期限内に本船を到着させることで、到着以降の混雑や積荷航海時の天候リスクによる航海遅延は不可抗力とみなされる。これはタクシーと比べると理解しやすいだろう。ドライバルク貨物船の速力はほぼ標準化されており、荷主は揚げ地の到着日時をおおむね想定することができるのである。

② ブローカーから貨物の詳細を受け取った船主・海運会社は、自分の船のスペックや現在位置を踏まえてその貨物で希望する利益を得られるかの検討を行い、その荷物の輸送に応札するかどうかを決める。

③ 荷物に対し複数の応札者が存在した場合には交渉が行われ、条件が折り合った船と輸送契約が結ばれる。輸送契約が結ばれるのはおおむね揚げ地での荷役を終えてバラスト航

海が始まる前、航路ごとに異なるが積み荷役の 2~3 週間前になることが一般的である(後出の図表 1-18 を参照)。但し契約締結のタイミングは市況により異なり、マーケット参加者が強い市況を予測している時には早く決まり、弱い市況を予測している時にはギリギリまで決まらないことが多い。揚げ地での荷役を終えてから決まる契約はプロンプトと呼ばれる。なお、この変動の存在とそれが備船料に与える影響については第 8 章で具体的な分析を行なう。

また、備船契約には対象船が実際に契約条件を満たすことが確認できるまでの猶予期間(サブと呼ばれる)が存在する。猶予期間中に対象船からのキャンセルが発生しなければ猶予期間終了後に契約が成立する。

④ 成立した備船契約のうち、荷主と船主の両方が公開しないことで合意したもの以外については Fixture として他の備船マーケット参加者に対して公開される。公開方法はメールや SMS が多いが、それら情報を収集・整理して海運情報会社がデータベースとして公開している。Fixture として公開されるデータ項目には上で述べたものに加えて以下のようなものがある。

- ・ 契約の成立日(猶予期間終了日)。但し猶予期間中の契約が公表される場合もある。
- ・ 本船情報(Fixture 情報とは別に最大積載量や速度、燃料油消費量などが公開される)。

1. 5. バルチック指標の算出方法

前項で述べた通りスポット備船契約は 1 つ 1 つが船や貨物の状況が異なる固有のものである。だが、それらの違いを吸収したマーケット指標が存在すれば非常に有益である。ドライバルク備船マーケットの変動に関する指標のうち、実務家の間で現在最も広く利用されているのはバルチック海運取引所が公開している主要船型の航路別スポット備船料、およびそれらから導出される主要航路平均スポット備船料や BDI などの各種指標(以下バルチック指標)である。その理由は、Fixture の公開が行われなかった日であっても必ず毎営業日発表されること、調査会社が独自に発表する指標よりも入手性が高いこと、広く利用されているためニュースや解説が多いこと、などである。これらの特徴により、バルチック指標は実務家だけではなく学術研究者にとっても扱いやすい指標となっている。

バルチック指標では船の標準スペックや輸送の標準航路が定義されている。それぞれに異なる個別の船・貨物の組み合わせによる契約は、標準船型・標準航路に換算されて他と比較される。これら標準航路、標準船型は時期ごとに変化するが、2021 年時点でバルチック海運取引所が採用しているパナマックス船型の標準船型、標準航路の定義(抜粋)は図表 1-17、図表 1-18 のようなものである(Baltic Exchange, 2020)。

| | |
|-------------|------------------|
| DWT(載貨重量トン) | 82,500トン |
| 全長 | 229メートル |
| 全幅 | 32.25メートル |
| 計画満載喫水 | 14.43メートル |
| 燃料消費量(満船) | 33トン/日 @ 13.5ノット |
| 燃料消費量(空船) | 31トン/日 @ 14ノット |

図表 1-17：バルチック海運取引所によるパナマックス標準船型定義(抜粋)

| 航路名 | 引き渡し地 | 指標算出日から船積みまでの日数 | 船積み地 | 航海日数 | 返却地 |
|--------|--------|-----------------|-------|---------|------|
| P1A_82 | 北欧州 | 15～20日 | 大西洋 | 40～60日 | 北欧州 |
| P2A_82 | 北欧州 | 15～20日 | (大西洋) | 65～80日 | 東アジア |
| P3A_82 | 東アジア | 15～20日 | (太平洋) | 35～50日 | 東アジア |
| P4A_82 | 東アジア | 15～20日 | (太平洋) | 55～70日 | 北欧州 |
| P6A_82 | シンガポール | 30～35日 | (大西洋) | 90～105日 | 北欧州 |

※船積み地はP1A_82のみ明記されており、他は業界内の理解に基づき筆者が補足

図表 1-18：バルチック海運取引所によるパナマックス主要 5 航路定義(抜粋)

バルチック指標を含む備船市況指標において算出方法について留意しなければならない点
が2つある。

1つ目は、すべての Fixture が公開されるわけではなく、貸し手と借り手が非公開にすることを決めた契約は基本的にマーケットには公開されないことである。このため、公開の取引所で取引が行われる株式などとは違い、一日の平均価格や終値を取って指標とする方式を使うことはできない。また、公開される Fixture には正しくないものも含まれている(猶予期間中に公開されたが成立には至らなかったものなど)。

2つ目は、バルチック海運取引所が指標の算出に用いている標準貨物・標準船型は上記の通り仮想の存在であり、実際の契約で用いられる船や貨物とはどこかが必ず異なる、ということである。

これら課題の存在がある中で指標を算出する方式としてバルチック海運取引所が採用しているのはパネリストによる推計である。指標の作成に関わるパネリストは大手ブローカーに在籍している。これらパネリストは備船業務や市況に精通しているだけでなく、所属ブローカーが取り扱う公開されていない引き合い(最終的に契約に至らなかったものも含む)の情報にアクセスすることができる。各パネリストは公開された Fixture に加えてこれら非公開情報を評価し、それらを標準船型と標準貨物に置き換えた場合にどのような備船料になるかを判断(これを Professional Judgement と呼ぶ)、バラストボーナスを含まない形にしてバルチック海運取引所に提示する。該当日に Fixture が公開されなかった船型と航路の組み合わせについても指標を公開できるのはこのような作成方法を取っているためである。

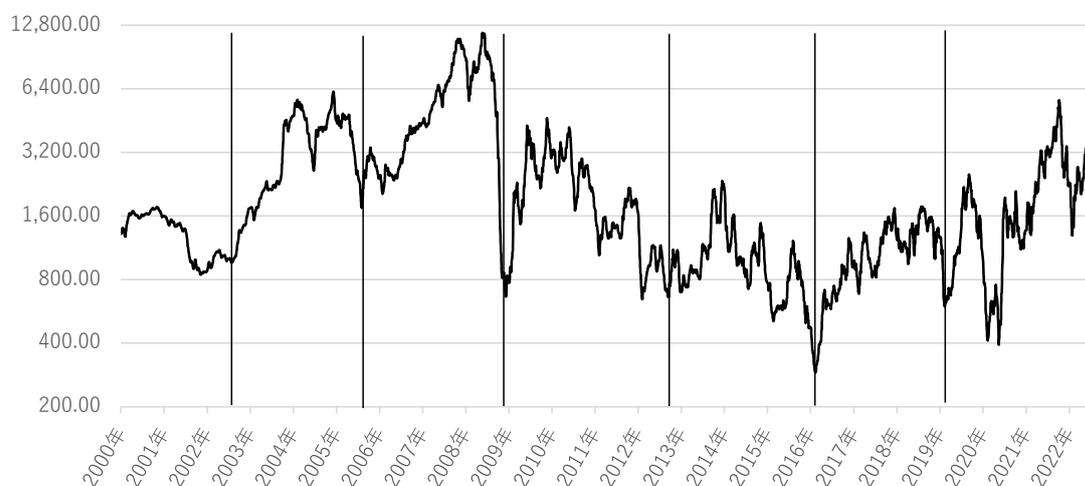
バルチック海運取引所では各パネリストから受け取ったスポット備船料の平均で航路ごとの備船料や運賃を計算、そしてこれらの備船料や運賃の重みづけ平均を取って各種の導出指標(BDIであったり、船型別の主要航路備船料平均であったり)を作成する。

このようにバルチック海運取引所の指標はそれ自体では実際に成立した契約と直接対応するものではないが、それら指標(特に各船型の主要航路備船料平均)は FFA の精算やインデックスリンク契約などで、実際に契約上利用される指標でもある。

第2章 20世紀末以降のドライバルク備船マーケットの推移

本研究で分析対象とする期間は第1章で説明したバルチック指標のうちドライバルク備船マーケット全体をカバーするBDIが成立した1999年以降である。この期間には序章で述べた SHIPPING サイクルが複数含まれており、比較的市況が安定していた時期もあれば海運バブルの発生と崩壊、あるいは新型コロナウイルスの感染拡大による国際海上輸送の混乱などの劇的なイベントが生じた時期もあった。本研究は備船料と荷動き・船腹量の変化を統計的に論じることを目的とするが、その解釈のためには変化が生じていた時期にマーケットがどのような状態であったかを背景知識として知っておく必要がある。本章はそのために必要な情報を提供するものである。

本章では上記期間のドライバルク備船マーケットを実務家の間で認識されている SHIPPING サイクルに対応した複数の期間に分け、それぞれの期間ごとの特徴を解説する。実務家の間での SHIPPING サイクルの区切りの理解はおおむね図表 2-01 のようなものである(日本郵船, 2022)。



図表 2-01：BDI の推移(対数表記)と SHIPPING サイクルの区切り(出所：日本郵船)

上記の期間に加え、状況の理解に役立てるため、BDI が登場する直前 10 年間の状況についても解説している。よって本章では下記の 8 つの期間を取り上げる。

- BDI 登場前史(1989～1998)
- BDI の登場と海運ブーム前夜(1999～2002)
- 海運バブル前期(2003～2005)
- 海運バブル後期(2006～2008)

- リバウンドと反落(2009～2012)
- 市況回復への期待と失望(2013～2015)
- 大底からの回復と環境関連規制の影響(2016～2019)
- 新型コロナウイルス感染拡大下の市況上昇(2020～2021)

本章で主に用いる資料は Clarkson 社の資料 Shipping Review & Outlook であり、章内の記述で特記していない数値は同資料の 2021 年 3 月号から取得している。但し古い時期の数値で最新版に掲載されていないものについては過去の版(その値が掲載されている最も新しい版)を参照している。参照した版については Clarkson (March 2019)のように表記する。また、Shipping Review & Outlook 以外の情報ソースを利用した場合にも別途参照ソースを表記している。なお、序章で述べた通り本研究ではドライバルク貨物船のうちパナマックス船型のマーケットを対象に分析を行なっているが、背景知識としては他の船型区分を含むドライバルク備船マーケット全体を知っておくことが望ましいため、本章ではドライバルク備船マーケット全体を対象として記述している。

本章で取り上げた市況の見方は同時点に海運実務家の間で語られていた意見を参照する目的で記述されている。これらの見方は必ずしもすべてが客観的に正しいものではなく、本章より後ろの章で行った分析にはこれら見方と整合しないものもある。

2. 1. BDI 登場前史(1989～1998)

1989年には現在ドライバルク備船マーケットの代表的な指標として認知されているBDIは存在しなかった。BDIの前身であるBFI(Baltic Freight Index)は存在していたが、BFIはすべての船型をカバーする運賃の指標であり、備船料を扱う船主やオペレーターは備船料市況の把握をClarksonsやFearnleysなどの大手ブローカーが公表する1年物備船料を用いて行っていた。その後BFIは運賃に加えて備船料を取り込むようになっていき、またBPI、BCIなどの船型別の指標も公開されるようになることで、現在の形のバルチック指標に向けて進化していくことになる。

この時期に先立つ1980年代前半にはドライバルク備船マーケットは不況の真ただ中であつた。その原因は、世界経済が不況局面にあつたこと、そして1983年～1984年に行われたドライバルク貨物船大量発注により船腹過剰が発生していたことである。この大量発注は三光汽船が引き金を引いて世界中に広がったもので、同社はじめ多くのドライバルク貨物船主が直前の海運ブーム時に多額のキャッシュを蓄えていたこと、船価が低迷していたこと、燃費の良い新船型が発表されたことがその背景にある。

1980年代が終わりに近づき、世界経済の回復によって荷動きが増加する一方、解撤が進む

ことで船隊が縮小し、市況は回復に向かった。1989 年を底にドライバルク貨物船隊規模は拡大に転じたが、市況の改善にも関わらず発注量の抑制が続いたことで需給は緩まず、市況の改善局面は長く続いた。この原因は、先述した大量発注による悲惨な市況悪化の記憶が生々しかったこと、そして同時期にタンカーの発注ブームがあり造船所がドライバルク貨物船の受注を受け付ける余裕が無かったことである。だが、1993 年ごろからこのような条件が緩んで発注残が積み上がりはじめ、1997 年夏に始まったアジア経済危機と合わさって市況の急激な悪化を招くことになった。

1989 年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、1989 年の世界のドライバルク荷動きは 1,677 百万トン、うち主要品目別に見ると、鉄鉱石が 373 百万トン、石炭が 306 百万トン、穀物が 199 百万トンであった。この時点での鉄鉱石と石炭の貿易の多くは先進国(主に日欧)の製鉄会社や電力会社による長期契約に基づいた調達が主流であり、世界の貿易量に日欧の輸入が占める割合は、鉄鉱石で 73 パーセント、石炭で 68 パーセントであった。新興国、とりわけ中国は輸入国としてはほとんど登場しておらず、日欧の動きがマーケットを主導していた。日欧はいずれも高度成長期を過ぎており、ドライバルク貨物の輸入が急激に増加する発展段階にはない。このため、ドライバルクのスポット備船市況を牽引する貨物は穀物(主に北半球)であり、ドライバルク備船マーケットの季節性は穀物の収穫スケジュールに連動していた。すなわち秋の収穫期である 10 月から上昇を始めて年末年始にピークとなり、7 月ごろから出荷が一段落するため落ち込む、というものであった。

一方で船隊については、Clarkson 社調査によると 1989 年時点で 203.7 百万 DWT と、2021 年比較で 24 パーセントの規模であった。現在と比べて特徴的なのはケープサイズの比率で、同年のケープサイズ船隊は 48.1 万 DWT でドライバルク貨物船隊全体に占める比率は 24 パーセント。これは 2021 年 1 月の比率 40 パーセントと比べると大幅に低いものである。1989 年から 1998 年にかけての世界のドライバルク貨物船隊の伸び率は年平均 2.9 パーセントで、ほぼ荷動きと一致していた。

また、この期間を後の期間と比べた場合に特筆すべき点は、備船マーケットの変動が穏やかであったことである。先述の通りこの時期のマーケット分析にはスポット備船料ではなくブローカー発表の 1 年物備船料が用いられていた。Clarkson 社発表のパナマックス(65,000 DWT 型)の 1 年物備船料の月次推移で見ると、この期間の年間最高値と最安値との比率は大きい年でも 1.5 倍強となっている。この比率は 2003 年に海運ブームが始まった後は 2 倍を超えることが当たり前になっていく。

2. 2. BDI の登場と海運ブーム前夜(1999～2002)

BDI は 1999 年 11 月 1 日に提供が開始され、初値は 1,334 であった。初値が切りの良い値になっていない理由は、BDI の値が先述の BFI の値を引き継いでおり、1985 年 1 月 4 日の値を 1,000 とするよう定められたからである。

BDI の登場から海運ブーム前夜となる 2002 年にかけてのドライバルク備船マーケットの推移を見ると、アジア経済危機を受けた市況の悪化は 1999 年に底打ちし、翌 2000 年にはインターネットバブルの本格化による景気回復を受けて一旦上昇に転じた。だが同年半ばのインターネットバブルのピークアウト、そして、1991 年 9 月の米国同時多発テロを受けた景気後退により、再び下落局面に入ることになる。但しこの時期の BDI の値動きは年間最高値と最安値の比率が 2 倍に満たないなど、その後の時期に比べて変動幅は小さい。

2002 年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、ドライバルク全体で 2,471 百万トン、うち鉄鉱石が 477 百万トン、石炭が 556 百万トン、穀物が 232 百万トン。1998 年から 2002 年にかけての世界のドライバルク荷動きの伸び率は年平均 4.0 パーセントと、BDI 登場以前の 10 年間の 2.8 パーセントと比べて加速している。また、世界の貿易量に日欧が占める割合は、鉄鉱石で 52 パーセント、石炭で 56 パーセント。なお過半数を超えとはいえず、そのシェアは 1989 年の時点からは大きく低下している。鉄鉱石については中国の輸入量が 2000 年ごろから急ピッチな増加に転じ 2002 年時点で日本や欧州にほとんど並んだ(翌 2003 年には両地域を凌いで世界最大の輸入国となる)。石炭を見ると中国はなおも輸出国であるが、日欧以外の新興国として韓国と台湾が高い輸入の成長を記録している。

一方で船隊については、2002 年に全体で 294.3 万 DWT。1998 年から 2002 年にかけての伸び率は 2.8 パーセントと、BDI 登場前の 10 年間からほぼ横ばいであり、荷動きの伸びを 1 パーセント以上回っていた。その内訳で見ると、ケープサイズが 89.1 万 DWT で、船隊全体に占める比率は 30 パーセント、これは 1998 年の比率 24 パーセントから着実に上昇している。船齢別の構成比率(DWT 基準、2002 年 9 月時点)を見ると、0-4 歳が 24%、5-9 歳が 24%、10-14 歳が 11%、15-19 歳が 20%、20 歳以上が 21%となっている。高齢船の比率が高く、解撤が船隊の縮小に寄与しやすい、つまり、過剰発注によって船隊の規模が一時的に拡大してもその後に解撤が増加することによって船隊の適正規模への回復が期待できる状態であった。

2. 3. 海運バブル前期(2003～2005)

2007 年～2008 年をピークとする海運バブルは 2003 年の秋に始まった。急騰が始まったの

は同年の9月であり、年明けから夏にかけてBDIが2,000前後で推移していたのが1か月でほぼ2倍の水準へと切り上がった。この急騰の背景として当時語られていた理由としては、中国で鉄鉱石や大豆の輸入が急増する状況下で豪州やブラジルといった輸出国の港ではインフラの整備が追い付かず、その結果滞船が恒常化して実効船腹量が減少したことなどであった。

2004年にも上昇は継続し、夏場に一旦落ち込んだが年末には再度上昇。12月6日の6,208が海運バブル前期のピークとなった。同年の年末からは下落に転じ、翌2005年の4月まではある程度持ちこたえたものの5月から急速な下落に転じた。夏に一旦底打ちし、8月3日の1,747をボトムに上昇に転じた。この下落の期間、鉄鉱石荷動きの前年比伸び率は2005年が12.1パーセントであったのに対し、2006年は7.4パーセントと減速はしながらなお高い伸びが続いており、需給の緩和は起こっていない。それにも関わらず下落が発生していたことの背景として語られていたのは、鳥インフルエンザ流行や中国鉄鋼業への規制強化などを受けたセンチメントの悪化である。

この時期はスポット備船料の金融化商品であるFFA(Forward Freight Agreement、運賃先物取引)の取引が拡大し、投機目的での利用比率が高まっているという認識がマーケット参加者の間に広がった時期でもある。このような認識を持つ人々の中には、FFAの取引拡大が備船料の変動を拡大させている、という見解を持つ人もいた。

2005年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、ドライバルク貨物合計で3,055百万トン、うち鉄鉱石が660百万トン、石炭が671百万トン、穀物が248百万トン。2002年から2005年にかけての世界のドライバルク荷動きの伸び率は年平均7.3パーセントと、前節の期間の4.0パーセントから更に加速した。中でも鉄鉱石の伸び率は11.4パーセントと全体を大きく上回っている。また、2005年の世界の海上輸入量に日欧が占める割合は、鉄鉱石で39パーセント、石炭で53パーセント。鉄鉱石については中国一国のシェアが41パーセントで日欧の合計を上回るようになった。新興国、なかでも中国の大量輸入(当時は「爆食」と呼ばれた)が本格化したのがこの時期である。

一方で船隊については、2005年に全体で345.3百万DWT。2002年から2005年にかけての年平均伸び率は5.5パーセントと、BDI登場前の10年間から大きく上昇したが、荷動きの伸び率と比べると2ポイント近く低い状態であった。内訳をみるとこの期間の竣工量は年間2千万DWT程度で頭打ちが続いており、船隊の拡大は解撤ペースが大幅に減速することによってもたらされた部分も大きい。年齢別の構成比率(DWT基準、2005年9月時点)を見ると、0-4歳が27パーセント、5-9歳が11パーセント、10-14歳が13パーセント、15-19歳が22パーセント、20歳以上が27パーセントとなっている。竣工の増加と解撤の

減少により若年船と老齢船の比率が高い姿になっているが、この時点だけを見れば市況が減速した場合でも高齢船の解撤により規模を調整する余地がある、という状況であったことになる。

この時期のファンダメンタルズで特筆すべき点は新造船発注量の拡大である。1990年代以降、新造船発注量は市況などの影響を受けて増減していたものの先述の通り年間2千万DWT強が天井になっていたが、2003年には前年比5割ほどの増加で3千万DWT台半ばにまで到達した。これを受け、海運バブル以前には15パーセントを上回ることが無かった発注残比率(発注残のDWT合計を既存船隊のDWT合計で割った比率)は2004年には20パーセントを突破している。この増加は中国の新興造船所が受注を受け付け始めたことが原因であった。この時点で建造能力の大半を占めていた日本、韓国、欧州の既存造船所は過剰な建造能力の拡大、および従来の商慣習に反する長納期での受注に消極的であったが、中国の新興造船所はそのような抑制を持たなかったのである。但し、この時点では市場参加者の間に中国の新興造船所が受注船のすべてを実際に完成させられるのは困難だろうという懐疑論が存在し、発注残がそのまま船隊拡大に直結するというコンセンサスが存在したわけではなかった。

2. 4. 海運バブル後期(2006～2008)

2005年に下落したBDIは2006年に入って再び上昇に転じ、同年の年末は例年発生する季節要因による大きな下げもなく推移、2007年には上昇のペースがさらに加速し、4月27日には2004年12月6日に付けた過去最高値を突破した。その後もうなぎのぼりの上昇が続ぎ、2007年11月13日にはBDIが11,039のピークを付けた。年末の不需要期に入って一旦下落に転じ、翌2008年1月28日に5,692まで下げたが、再び上昇。2008年5月20日にはBDIで11,793の史上最高値を付けた。この時期に市況上昇の背景として語られていたのは、海運バブル前期と比べて混雑による滞船が更に悪化していたこと、備船料と並んで運賃の主要構成要因となる燃料油価格(第1章参照)が原油価格の高騰を受けて上昇していたこと、また主要なドライバルク貨物である鉄鉱石や石炭などのコモディティ価格が高騰し、相対的な運賃負担力が上昇していたことなどである。だが、一番大きな要因はセンチメントであった。2007年ごろまではまだ「海運市況は循環するものでこのような強気相場は長くは続かない」という見方がマーケット参加者の一部に存在していたが、2008年にかけてのもう1ステップの上昇後は、マーケット参加者の見方は「今回の上昇は中期的に続く構造的なものである」という楽観論に塗りつぶされていった。

5月からのBDIは急速な下落に転じ、同年9月15日に発生した米国の証券会社「リーマン・ブラザーズ」の経営破綻などを受けて下落ペースはさらに加速した。BDIは12月5日に663まで下げ、2008年のBDIの年間最高値と最安値の比率は17.8倍に達した。この時

期にスポット備船料の変動を先導していたケーブルサイズに着目すると、備船料(月次 4T/C 平均)は 2008 年に 5 月の 201,136 ドル/日から 12 月の 3,995 ドル/日へと僅か半年で実に 50 分の 1 以上の下落となったのに対し、ケーブルサイズの主要貨物である鉄鉱石の主要輸出 3 か国(豪州、ブラジル、南ア)からの月間輸出量合計は同期間に 6,486 万トンから 3,940 万トンへと 4 割弱しか減少していない。現物取引への影響が限定的に留まる中で価格がこれほど劇的に変動することは他のコモディティと比較したドライバルク備船マーケットの際立った特徴である。

2008 年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、ドライバルク貨物全体で 3,517 百万トン、うち鉄鉱石が 837 百万トン、石炭が 790 百万トン、穀物が 284 百万トン。2005 年から 2008 年にかけての世界のドライバルク荷動きの伸び率は年平均 4.8 パーセントと、海運バブル前期の 7.3 パーセントから大幅に減速していた。この時期の市況変動を牽引したケーブルサイズの主要貨物である鉄鉱石の伸び率は年平均 8.2 パーセントで全体を上回ったが、こちらも海運バブル前期の 11.4 パーセントからは大きく減速している。

一方で船隊については、2008 年に全体で 419.7 万 DWT。2005 年から 2008 年にかけての年平均伸び率は 6.7 パーセントと、海運バブル前期の 5.5 パーセントから加速した。そしてこの 6.7 パーセントという伸び率は荷動きの伸び率 4.8 パーセントを上回っており、海運バブル後期には需給が緩む中で市況が上昇していったことになる。市況の上昇を牽引していたケーブルサイズのみに着目しても、同じ期間の年平均伸び率は 8.8 パーセントで、鉄鉱石の伸び率 8.2 パーセントを上回っている。

海運バブル後期はドライバルク貨物船隊の船齢構成に決定的な爪痕を残した。投機的な船主が急増すると共に、中国の新興造船所の建造能力について一定の信頼が得られるようになったことで、この 2 つの組み合わせによる発注残が急増したのである。海運バブル前期に年間 3 千万 DWT 台であった発注量は 2006 年には 7700 万 DWT、2008 年には 1 億 5600 万トンと倍々ゲームで増加した。これを受け、海運バブル後期直前の 2005 年に 22 パーセントだった発注残比率は、2008 年末には実に 78 パーセントまで上昇している。これら中国新興造船所に発注された新造船が 2010 年ごろから大量に竣工するという「2010 年問題」は、海運バブル崩壊の前からマーケットの中で懸案として語られるようになっていた。但し、年齢別の構成比率(DWT 基準、2008 年 9 月時点)を見ると、0-4 歳が 27 パーセント、5-9 歳が 17 パーセント、10-14 歳が 18 パーセント、15-19 歳が 9 パーセント、20 歳以上が 28 パーセントとなっている。この時点では若齢船の比率は過去と比べて極端に高いわけではなく、老齢船の比率も海運バブル期に解撤が抑制されていたために高水準となっている。日々の備船マーケット活動の中で竣工済みの船だけを見ている限りでは、過去と同様に竣工の抑制と解撤の促進の組み合わせで船隊規模が正常化する、という肌感覚を持つプレイヤー

も多かった。マーケット参加者全員が船齢構成の変化の意味を骨身に沁みて理解するには「2010年問題」の本格化を待つ必要があった。

2. 5. リバウンドと反落(2009～2012)

2008年後半に暴落したBDIは2009年に入って一定の反発を見せる。その理由として当時語られていたものは、マーケット参加者の間に荷動き自体はそれほど減少していないという認識が広まってセンチメントが回復したというものである。反発は夏場に一服し、年末には季節的な要因での上昇と下落が発生した。

翌2010年も前半は回復基調が続きBDIは5月26日に4,209まで上昇したが、年後半には下落に転じた。この時に下落の背景として語られたのは、前項で述べた「2010年問題」、すなわち中国の新興造船所からの大量竣工が2010年には本格化する、という予測が現実となったことである。2011年も前半は低迷、年末の繁忙期の上昇も限定的で、前年同日比を下回る水準が続いた。

2012年のドライバルク備船市場のファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、ドライバルク貨物全体で4,317百万トン、うち鉄鉱石が1,107百万トン、石炭が1,111百万トン、穀物が345百万トン。2009年こそ前年比4.1パーセントの減少となったもののそれ以降は堅調な増加が続き、2008年から2012年にかけての年平均伸び率は5.3パーセント、海運バブル後期の4.8パーセントからむしろ加速している。その理由は、世界全体の景気は低迷が続いていたものの、中国で景気支援策として「4兆元対策」と呼ばれる大規模なインフラ投資が行われたことで鉄鋼原料である鉄鉱石や原料炭などドライバルク貨物の荷動きが活発化したためである。鉄鉱石の伸び率は年平均7.2パーセントと全体の伸び率を上回り、石炭は年平均8.9パーセントと鉄鉱石を上回る伸びとなっている。

一方で船隊については、2012年に全体で687.9百万DWT。2008年から2012年にかけての年平均伸び率は13.1パーセントと2桁台となり、この4年間で船隊規模は6割以上拡大した。また、2010年の新規発注は1億DWTを超え、海運バブルピーク時の2007年に次ぐ水準となった。備船料が一定程度回復したこと、発注の中心となる船型が海運バブル期のケープサイズからこの時期にはパナマックスへと入れ替わったことを考慮に入れても、これだけの新規竣工が発生して備船料が下落する中での大量発注は、手持ちのキャッシュが豊富な船主の船腹購入意欲の強さを改めて示すものになった。

ドライバルク貨物船隊の年齢別構成比率(DWT基準、2012年9月時点)を見ると、0-4歳が49パーセント、5-9歳が15パーセント、10-14歳が11パーセント、15-19歳が12パーセント、20歳以上が13パーセントとなっている。竣工の急増により若齢船の比率が半分まで膨れ上がる一方、市況の急激な悪化が促進した解撤のために高齢船の比率が低下してい

る。海運バブル期にはほとんど停止していた解撤は 2012 年には 33.4 百万 DWT と記録的な水準まで急増したが(海運バブル崩壊までの最大記録は 1998 年の 12.3 百万 DWT なのでそのほぼ 3 倍)、2011 年、2012 年と続いて 1 億 DWT 前後となった竣工急増の状況のなかでは焼石に水であった。また、高齢船の比率低下により、高齢船の解撤が船隊規模を調整する効果は、過去に比べて著しく低下することになった。この時期に解撤に代わって船腹供給量を調整する機能として注目されるようになったのは減速航海である。この時期は備船料が大幅に下落した一方で燃料油価格は高止まりが続いており、燃料油を節約する減速航海の効果は高かった。このため、従来では考えられなかった水準での超低速での運航に取り組む海運会社が増え始めた。

2. 6. 市況回復への期待と失望(2013~2015)

2013 年のドライバルク備船マーケットは年初から前年比での下落が止まり始め、夏からは大幅な回復が始まった。この背景には、2012 年ごろからマーケット参加者の間で「2013 年には海運バブル期に発注した船腹の竣工ペースが低下し、荷動きの増加ペースを下回って市況が改善に転じる」という期待が高まり始めたことがある。

この回復は BDI が 10 月 8 日に 2,146 まで上昇するなど大幅なものとなったが、回復はここでピークとなり、再び下落に転じることになる。2014 年は年末の繁忙期にも市況がほとんど回復しない下げ基調となり、2015 年に入ると市況の下落ペースをさらに加速させた。2015 年に市場参加者が意識していたのは中国経済に対する悲観的な見通しの高まりであった。

2015 年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについて見ると、ドライバルク貨物全体で 4,828 百万トン、うち鉄鉱石が 1,364 百万トン、石炭が 1,136 百万トン、穀物が 429 百万トン。2012 年から 2015 年にかけての年平均伸び率は 3.8 パーセントと前節の期間の 5.3 パーセントから減速、20 世紀末の水準まで低下し、中国の需要拡大が牽引する成長への期待は失われた。

一方で船隊については、2015 年に全体で 776.9 百万 DWT。2012 年から 2015 年にかけての年平均伸び率は 4.1 パーセントであった。2010 年問題の渦中であった前節の期間の 13.1 パーセントからは 3 分の 1 程度の水準まで急速に減速したが、先述の通り荷動きの伸び率はそれより低く需給ギャップの拡大は続いていた。発注状況に目を転じると、この時期には市況の上昇よりも早いペースで発注が増える発注ブームが発生していた。上記のように竣工量の縮小による市況改善への期待が高まっていた状況の中で、2012 年末に大手ドライバルク貨物船主のフレデリクセン社がケーブサイズ的大量発注を決めたこと、貨物船の騒音規制の変更が発表され建造コストが上昇する前にと駆け込み発注が起きたこと、新船型の

ウルトラマックス²が登場したこと、などが主な原因である。2013年の発注量はふたたび1億DWTを超え、104百万DWTと2010年を上回って史上第2位を更新した。この時期は発注残も払底していたために発注から竣工までのタイムラグは短く、小型船型については2015年の後半には竣工するものが出始め、備船マーケットへの下押し圧力となった。

ドライバルク貨物船隊の年齢別構成比率(DWT基準、2015年9月時点)を見ると、0-4歳が49パーセント、5-9歳が23パーセント、10-14歳が11パーセント、15-19歳が9パーセント、20歳以上が8パーセントとなっている。海運バブル期の大量の発注残が竣工遅延によってなお残っていたこと、それに加えて先述の発注ブーム時の発注船が竣工したことから、0-4歳の比率は前節の期間から横ばいとなり、9歳以下の船が全体の4分の3を占める、非常に若い船隊構成となっている。このような状況では老齢船の解撤による船隊縮小効果は非常に限定的になる。

2. 7. 大底からの回復と環境関連規制の影響(2016~2018)

2016年初を底にドライバルク備船マーケットは上昇に転じた。2016年2月10日にBDIの史上最安値290を付けた後に反転し、その後は例年同様の季節変動がありつつも2018年の夏までほぼ一貫した上昇を続けた。その後、2018年7月24日の1774を付けた後は下落基調に転じ、秋の繁忙期にも上昇は限定的であった。

2018年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、ドライバルク貨物全体で5,213百万トン、うち鉄鉱石が1,473百万トン、石炭が1,239百万トン、穀物が477百万トン。2015年から2018年にかけての年平均伸び率は2.6パーセントと、前節の期間の3.8パーセントからさらに減速した。

一方で船隊については、2018年に全体で841.0百万DWT。2015年から2018年にかけての年平均伸び率は2.7パーセントで、こちらも前節の期間の4.1パーセントから減速はしているものの、なおも荷動きより高い伸び率で需給ギャップは僅かながら拡大している。この時期の船隊に関する注目点としては、2016年後半から2017年初頭にかけて、新造船発注がほぼ完全に停止した点がある。当時の備船マーケットは回復の途上にあり十分な水準ではなかったが、それでも着実な回復途上にあった。そのような状況でドライバルク備船料が底の見えない下落を続けていた2015年よりも発注が大幅に減少していた原因としては、バラスト水やSOx対応など新たな環境規制の導入による不透明さが船主のセンチメントを悪化させたと言われている。

² 6万~6.5万DWTの大型のハンディマックスの一種、当時成長期待が大きかったインド向け一般炭の最適船型と考えられていた。

ドライバルク貨物船隊の年齢別構成比率(DWT 基準、2018 年 9 月時点)を見ると、0-4 歳が 29 パーセント、5-9 歳が 44 パーセント、10-14 歳が 13 パーセント、15-19 歳が 7 パーセント、20 歳以上が 7 パーセントとなっている。「2010 年問題」の時期に竣工した船がそのままボリュームゾーンとして高齢世代にシフトしていることが見て取れる。

2. 8. 新型コロナウイルス感染拡大下の市況上昇(2019～2022)

2019 年の年初は前年からの流れで市況が低迷し、2 月 11 日には BDI が 2016 年 6 月以来の安値である 595 を付けたが、夏にかけて急速な上昇に転じ、9 月 4 日に BDI が 2,518 と 2010 年 11 月以来 9 年ぶりの高値を付けた。この時期の上昇として語られていた理由は、翌年から始まる SOx 規制適用開始後も低価格な高硫黄重油を利用するための脱硫装置(スクラバー)を搭載するため大型船を中心に改造工事が行われ長期間の工事が必要となり、実質船腹量が低下したからだというものである。

2020 年に入ると新型コロナウイルス感染拡大を受けて毎年発生する年初の調整局面が長引き、5 月 14 日には 393 という前年を下回る安値を付けたが、夏に入ると再び上昇、その後は大きな調整局面も無く海運バブル期以来の高値圏の推移が続いた。新型コロナウイルス感染拡大を受けて石炭や鉄鉱石を中心に荷動きが減少していた中でこれほどの備船市況の上昇が見られた理由として語られていた理由は、検疫のための長期間の滞船、あるいは通常の港湾で乗組員が乗下船できなくなったことを受け乗組員交代のため本国などに通常の航路から離れて寄港するようになったこと、そして同時期の海上コンテナ運賃上昇を受けて鋼材などドライバルク貨物船で輸送できる一部の貨物が移ってきたこと、などが挙げられている。

2022 年のドライバルク備船マーケットのファンダメンタルズは以下の通りである。まず、荷動きについては、Clarksons 社調査によるドライバルク荷動きは、全体で 5,367 百万トン、うち鉄鉱石が 1,517 百万トン、石炭が 1,231 百万トン、穀物が 525 百万トン。2018 年から 2021 年にかけての年平均伸び率は途中 2020 年が新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けて前年比減少となったこともあり 1.0 パーセント、前節の期間の 2.6 パーセントからさらに減速した。

一方で船隊については、2022 年に全体で 912.2 百万 DWT であった。2018 年から 2022 年にかけての年平均伸び率は 2.7 パーセントで、こちらは前節の期間の 2.7 パーセントから横ばいである。需給ギャップは前期からむしろ拡大した。船隊について注目すべき点は、これほどの備船マーケットの活況に関わらず、前期と同様に新造船発注の増加が限定的だったことである。その理由として語られていたことは、鋼板価格など建造コストの上昇を受けて船価が高止まりしていたこと、コンテナ船など他船種の発注が活発であり造船所がドライ

バルク貨物船で安値を提示する理由に乏しかったこと、従来の環境規制に加え新たにゼロエミッション燃料の導入必要性が視野に入り主流となる燃料を見極めようと船主の間で様子見が発生していること、などである。

ドライバルク貨物船の年齢別構成比率(DWT 基準、2022 年 3 月時点)を見ると、0-4 歳が 20 パーセント、5-9 歳が 32 パーセント、10-14 歳が 31 パーセント、15-19 歳が 10 パーセント、20 歳以上が 7 パーセントとなっている。竣工と解撤が共に低迷する中、既存の船隊が船齢を重ねて着実に高齢船の比率が上昇していることが見て取れる。

第3章：傭船料の変動についての先行言論・研究

本章では傭船料(もしくは運賃)の変動の規則性や変動メカニズムに関する先行言論・先行研究を取り上げる。

本章の前半に取り上げるのは運賃・傭船料の変動の論じ方、特に荷動き・船腹量と組み合わせた場合の論じ方が過去にどのように変化してきたかについての概観である。序章で述べた通り、運賃・傭船料の変動は実務上も学術研究のテーマとしても非常に重要であり、過去に多くの言説や研究が発表されてきた。だが、それらの言説や研究の展開にはいくつかの断絶があり、必ずしも過去のテーマや問題意識のすべてが後続の言論・研究へと引き継がれていた訳ではない。本研究のテーマや意義はそれら断絶に関係しているため、過去の変化の概観を最初に取り上げるものである。

後半で取り上げるのは本研究全体に関わる具体的な研究テーマについての先行研究調査である。対象としたのは下記の3分野である。

- 運賃・傭船料変動の研究についてのサーベイ論文
- 傭船市況の変動が発生する理由に関する研究
- 傭船市況の周期変動そのものに着目した論文

なお、本章以降の各章では、その章のテーマにのみ関係する先行研究が存在する。それら研究についてはそれぞれの章の中で取り上げることとする。

3. 1. 運賃・傭船料の変動の論じ方の推移

海運マーケットにおいて運賃・傭船料が変動すること、特に一定のサイクルを持って周期的に変動するように見えることは、長く実務家の間でも知られていた。船は発注してから竣工するまでにタイムラグが存在し、かつ投資の回収までに長期間を要する高価な資産であるため、このような運賃・傭船料変動の周期性は長い間実務家の強い関心を引いてきた。そのような実務家の間の認識の一例として、Stopford(2009)は「海運市況には5年から10年の周期の変動サイクルが16世紀以降ずっと存在していた」という見方を、Hampton(1991)は「海運市況にはマーケット心理に基づいた3~4年の周期と20年の周期の変動サイクルが存在する」という見方を、それぞれ紹介している。

従来から存在していた実務家の関心に加え、学術界からの強い関心が運賃・傭船料の変動に向けられたのは計量経済学の成立を受けてのものである。計量経済学は「理論に基づいて経済モデルを作成し、その妥当性を実証データの統計的な処理に基づいて検証する」という学

問であり、このため世界単一市場であり早い段階から荷動きや船腹量、運賃・傭船料のデータを研究者が入手可能だった海運業が良い研究対象となった。計量経済学の初期の研究者にとって海運市場は重要な研究テーマであり、例えば本章で後述する運賃変動モデルを作成した Timbergen と Koopmans はいずれも計量経済学の創始者としてノーベル経済学賞を受賞している。その後も運賃・傭船料の変動の研究は、中心となる研究集積や切り口が変遷しつつも、多くの研究者が取り組むテーマであり続けた。

だが、運賃・傭船料を荷動き・船腹量との関係から分析するタイプの学術的な海運マーケット研究は、1990年代に急激に衰退した。

この衰退は3つの理由が重なり合ったことで生じた。1つ目は、経済学において研究の興味の変化が生じたこと、2つ目は海運市況分析で中心となる時系列統計分析における理論的な進歩が生じ、新たな理論を用いることで従来の研究成果の多くに誤りが判明したこと。3つ目は海運業の実務で利用されるデータが詳細・複雑化し、研究者が追従することが困難になったことである。

1つ目の経済学における研究の興味の変化に関して、この時期までの研究は研究対象の特徴を定性的に捉えたモデルを作成するものであり、モデルの美しさや挙動の面白さが研究の中心であった。これに対し、興味が変化した後には、研究対象の特徴を定量的に捉え(時系列データであれば変化のタイミングと変化量)、それを正確に再現できることが研究の中心となっている。1990年代までの海運経済学では精緻なモデルに比べて利用するデータの解像度(頻度、貨物種類・船型ごとの明細)が貧弱であり、豊富なデータを用いて研究対象の特徴を正確に再現したいという新たな流れに対応できなかった。

2つ目の時系列統計分析における理論的な進歩に関して、第1章で述べた通り海運市場は世界単一市場であり、このために分析は同一時点に複数データが並列するクロスセクションデータではなく、同一時点に一つのデータが連なった時系列データを対象とするものになる。この時期までの海運市況分析の実証的な部分は複数の時系列データの間の回帰を取り、その決定係数を用いて関係を判定するものであった。この「市況時系列データ同士の回帰分析」が多くの場合に不適切なものとなると証明したのが Granger and Newbold (1974)による単位根過程³の発見である。この発見は、2つに対して最小二乗法を用いた回帰分析を行った場合、2つの時系列が統計的に独立であっても高い決定係数が得られてしまい両者の関係が統計的に有意に見えてしまうというものである。計量経済学で利用される GDP や消

³ ある時系列データが時間によって確率分布が変化しない場合にその時系列データを定常過程と呼び、変化する場合に非定常過程と呼ぶ。時系列データ y_t が単位根過程とは、それ自身は非定常過程であるが、差分系列 $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ が定常過程であることを言う。

費、雇用者数などのマクロ統計数値、あるいは株価などの資産価格の多くは単位根過程であり、海運経済学で分析対象としてきた運賃、荷動き、船腹量なども多くの場合単位根過程である。このため、これらの統計量の間で最小二乗法を用いた回帰分析を行った過去の研究は、軒並み統計分析の結果の信頼性が失われたのである。

3つ目の海運業の実務で利用されるデータの詳細・複雑化に関して、この時期までの海運市場の研究の特徴として、利用されるデータの粒度が粗いことがある。海上荷動き量のメッシュは国連統計の地区別海上貨物積み揚げ量が、船腹量は既存ドライバルク船隊のDWT合計が、それぞれ年単位かつ全ての貨物種別や船型を対象としたもので提供されていた。これには2つの理由がある。一つは単純に、当時はデータベース、特に通関統計に関するものが発達しておらず、粒度の細かいデータを研究者が取得して分析に用いることが非常に困難であったというものである。もう一つは当時の海運マーケットの特性によるものである。海運経済学が成立した1950年代は、第1章で説明したようにリバティ船という単一の船型がほとんどのドライバルク貨物を運んでいたため、船型ごとに分割したマーケット分析を行なう必要が無かった。その後ドライバルク船の船型分化が生じた当初も大型ドライバルク貨物船のスポット備船マーケットの流動性は低く、大型ドライバルク貨物船の大部分が専用船契約の元で短期的な需要と供給の関係から切り離されて運行されていた。このため、大型ドライバルク貨物船のそれぞれの船型別の運賃動向を把握することが難しく、ドライバルク貨物船船隊全体を対象とした運賃指標を利用する必要があったのである。だが、1990年代になり、第1章・第2章で述べた通りドライバルク貨物船のスポット備船市場が厚みを増し、それに対応した船型別データを提供するバルチック指標が広く利用されるようになった。また、荷動きデータや船隊データについても、商用データベースの整備が進み、高頻度かつ貨物種別・船型ごとの詳細なデータを容易に入手できるようになった。このため、実務家の間ではこのような高解像度データの利用が一般化し、それを用いない分析への興味が薄れていった。その一方で、学術研究者がこのようなデータを利用するためには業務知識、具体的にはどの貨物品目のどの国からの積み出しをどの船型の荷動きと見なすべきかという知識が必要となる。この業務知識の取得は研究者にとって敷居の高いものであり、研究を躊躇する原因となった。

上記3つのうち学術側で起きた1つ目、2つ目の理由だけが生じたのであれば、新たな興味と手法に基づいて既存のデータで再び研究を行う、という流れが一定程度は生じたのであろう。だが、3つ目のデータの変化が生じ、実務家が従来のデータを用いた分析への関心を失う一方で学術研究者にとって新たなデータへのアクセスが困難であったことが、研究の継続を困難にしたと考えられる。

なお、1990年代以前には、日本においても海運マーケット研究に関する研究集積が欧米とは独立した形で存在した。この日本の研究集積を代表する成果としては下條(1979)、宮下

(1988)などがある。日本の研究集積の特徴は実務との近さであり、これは海運会社などに所属する多くの実務家たちが研究プロジェクトに参加することでもたらされた。欧米の研究集積と比較した研究の具体的な特徴としては、①モデルの美しさ・面白さよりも具体的な備船料の説明能力に注目していること、②備船料の分析において需要をどう計測するか(荷動きは船積みによって実現した需要であり船積みされなかったものを含まない)、供給をどのように考えるか(バラスト航海の扱いなど)、個別の備船契約からどう一般化した運賃を得るか、などの周辺の議論を統合した形で扱っていること、などが挙げられる。

この日本の研究集積は先述した 1990 年代の研究トレンドの変化に追従せず、これを受けて日本では海運マーケット研究が途絶えることとなる。この衰退については、上記の通り研究を支えていた海運会社所属の実務家たちが、先述のバルチック指標の登場などを受けた市況情報の変化を受けて「何を学術的な研究対象とするか」についての問題設定をすぐには行えなかったこと、その後第 2 章で述べた海運バブルにより備船市況の高騰が始まったことで需要と供給による説明が(特に従来用いられていた手法・データでは)困難になり学術的な研究への関心を薄めていったことが原因であろうと考えられる。

2000 年代以降に主流になった海運マーケット研究は、各種のバルチック指標の時系列を単体で、あるいは他のバルチック指標や為替、他のコモディティ価格などとの間との関係を分析の対象とするものである。この種の分析は金融商品を対象にして学術研究が進んだ各種の時系列分析手法を援用できるものであり、研究者にとって習得困難な荷動きや船腹量に関する実務的な知識を必要としないため、研究者にとって取り組みやすいものであった。この時期の研究をリードした研究者としては Kavussanos が挙げられ、代表的な著作に Kavussanos and Visvikis (2006)がある。

この時期は第 2 章で述べた通りドライバルク備船市場で先物の利用が拡大し始めた時期であり、このような金融商品やコモディティの研究に近い研究は実務的にも一定の意義が存在するものであるが、荷動きや船腹量といった生の需給データに取り組む分析が失われていることは、序章で述べた通り実務家にとっては不足を感じる面が存在する。

学術界での研究の停滞の一方で、実務の世界では荷動き、船腹量データや景気動向など関連データを用いて備船料を予測するサービスが大手調査会社によって開始されている。代表的なサービスとしては IHS Markit 社の”Freight Rate Forecast”が挙げられる(IHS Markit, 2018)。これらサービスは大手調査会社が持つ多量のデータを機械学習の手法を用いて分析することで、比較的短期間(主なターゲットは 1 年以内)の備船料を具体的に当てに行くことを目的としている。このため、利用するモデルは予測精度を上げるために毎月洗い替えられており、シンプルで安定したモデルを用いてスポット備船市場の本質的な構造を把握したい、という関心に応えるものにはなっていない。

近年の需給を用いた海運マーケット研究の大きな潮流は AIS データの利用である。AIS データは船舶が位置・速度情報を VHF 帯電波で発信するものであり、本来は衝突・走錨などの海難防止のために用いられる(IMO, 2022)。AIS データには位置・速度以外にも様々なデータ項目が含まれており、それらには該当船が空船か荷積み中かを判定するフラグ、あるいはその時点での喫水(深い場合には荷積み中、浅い場合には空船であることを意味する)などが存在する。AIS データは衝突可能性のある近隣船だけではなく、沿岸基地局や衛星を通じて世界全体で網羅的に傍受することができるため、近年 AIS データを収集、販売するデータプロバイダーが登場した。それら AIS データの活用方法として、空船フラグや喫水を元に船の利用状態を判定して荷動きの状況を把握、それを元に市況を分析しよう、という研究(および実業界では商業ソリューション)が登場し始めているのである。例えば Kanamoto et. al (2019)は 2016 年 1 月から 2018 年 8 月までの AIS データを用いてケープサイズ船の市況指標である BCI の 30 日後の騰落の予測を行っている。

AIS データを用いた研究を従来の船積み量を用いる従来の研究と比較するといくつかの利点がある。一つは利用に際して特殊な業務知識(船型と貨物種別の紐づけ)を必要とせず、船型別の船積み船比率をデータから直接求めることができること、もう一つはデータを日次で取得できるため同じく日次で公表されるバルチック指数との比較を任意の粒度で行えることである。但し、AIS データの取得・公開が始まったのは 2015 年以降であるため、長期の周期変動の分析には利用できない、あるいは海運バブルが発生した 2008 年~2009 年のような興味深い時期のデータが存在しないなど、現時点では AIS データでは実施できない分析は存在する。今後長期的に AIS データが蓄積されていくにつれ、このような分析を行なうことも可能になり、AIS データの活用が海運マーケットの需給分析の中心軸の一つになっていくであろう。

3. 2. 運賃・備船料変動の研究についてのサーベイ論文

前項で述べた通り運賃・備船料の変動は長らく海運分野の経済学的な分析の中心となってきた。主要な研究は既に古典的な存在となっており、Stopford (2009)や Karakitsos and Varnavides (2014)のような一般的な海運経済学の教科書にその概要がとりまとめられている。

一方で、本研究の背景にも関連する研究史の変遷を把握するためにはサーベイ論文が有用である。Goulielmos はこのような研究史に関連し、対象期間を分割して複数のサーベイ論文を発表している。

Goulielmos (2019) は 1934 年から 1996 年までの研究を主な対象としている。この期間はマーケット分析が海運経済学の主要テーマであり、なおかつ運賃・備船料の変動を分析する

要因として需要と供給(荷動きと船腹量)が重視されていた時期でもある。この論文では対象期間の研究を研究が行われた地域を元に 4 つに区分しており、オランダ(Tinbergen や Koopmans が中心。両者の研究については後述)、米国(Zannetos らが中心。後述)、ノルウェー(Eriksen や Strandenes が中心。備船料と需給の関係という本研究の議論からは周辺的な成果が多いため詳細は割愛する)、イギリス(Beenstock や Vergottis が中心、後述)がその 4 つの区分である。

Goulielmos (2018a) は 1996 年から 2005 年までの研究を対象としている。この期間は 1934 年から 1996 年までの時期の海運経済学の成果に対して単位根過程と見せかけの回帰が発見されたことを踏まえた再検証が行われた期間であった。この期間に行われた研究では、過去の研究で利用されていた荷動きや運賃・備船料などの単位根が検証され、多くの研究で見せかけの回帰が発生していて統計的な有意性が誤りのものであったことが明らかにされている。但し、検証の結果単位根が存在しなかったケースも存在している。本件については第 5 章で詳しく分析する。

Goulielmos (2018b) は 2006 年から 2016 年までの約 60 件の研究を対象としている。この論文では、前節で述べた通り、2006 年以降は備船料と需要・供給との関係は海運経済学において主要な研究テーマではなくなっていったことが述べられている。

Glen (2006) も見せかけの回帰の発見が海運経済学に与えた影響に関するサーベイ論文である。この論文では海運経済学が受けた影響について以下のように述べている。第一に、より詳細(ドライバルク貨物船市場全体ではなく、特定の船舶のサイズについて)で頻度の高い運賃プロセスが研究に用いられるようになった。第二に、運賃・備船料そのものよりもそのボラティリティがより重要なテーマとなった。第三に、運賃・備船料と需給の関係以外に、複数の運賃・備船料データ(例えば、異なる船型や先物)の間関係が主要な研究テーマとなったことである。

3. 3. 備船市況の周期変動が発生する理由に関する研究

本節では、備船料の変動についての先行研究のうち、何らかの要因に基づいて備船料が決定され、それによって生じる変動を説明するためにモデルを用いる、というタイプの先行研究について述べる。

過去の海運経済学の研究の中で備船料の決定要因としてどのようなものが取り上げられてきたかは先述したサーベイ論文の Glen (2006) でよくまとめられている。需要(船積み量、トンマイル)、供給(船腹量)、他のマーケット(スポット備船/定期用船/FFA など異なる種類のマーケット、他の船型のマーケット)が備船料を決定する最も重要な要因であると考え

られている。第 1 章で述べた通り備船料は輸送サービスの価格であり、経済学の分析としては需要と供給が主な決定要因として扱われてきたことは自然であった。

前節で述べた通り、備船料の変動を数学的なモデルを用いて分析しようという動きが発生するのは計量経済学が成立した 1930 年代に入ってからである。計量経済学の中で海運市場の周期性がどのように分析されてきたかについては先述したサーベイ論文の Goulielmos(2019)でまとめられている。

海運市況の周期変動に関する最初期の重要な成果の一つに「くもの巣モデル(cobweb model)」の適用がある。くもの巣モデルとは、需要と供給の意思決定の間にタイムラグがある、具体的には当期の供給量の決定が前期の価格(=需要量と供給量)のみで決まる市場を対象としたもので、一時的なショックを受けて需要または供給が均衡価格の水準から乖離した場合にその後の需要と供給がどう変動するかを分析するものである。くもの巣モデルは複数の研究者によって同時並行的に提示された。

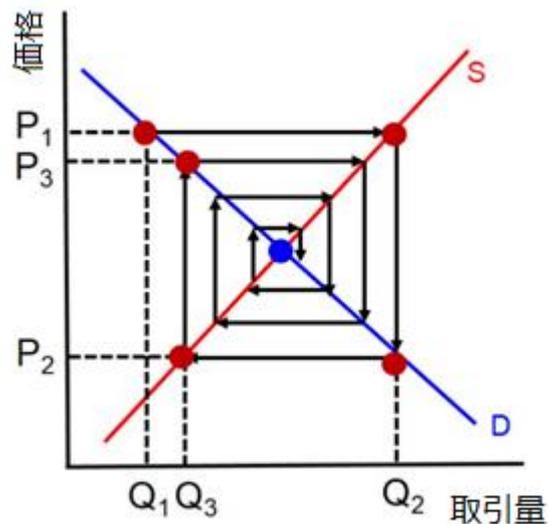
くもの巣モデルでは、ある期に突発的に供給が前期の計画より減少し(例えば農作物の天候不順による凶作など)、その後は元の供給曲線に戻る場合に、需給の変化は以下のようになる。

0 期：供給が減少し需要に対して過小になるため価格が上昇する。価格上昇を受け生産者は来期の生産量を増加させる計画を立てる。

1 期：供給が増加し需要に対して過大になるため価格が下落する。価格下落を受け生産者は来期の生産量を減少させる計画を立てる。

2 期：供給が減少し需要に対して過小になるため価格が上昇する。価格上昇を受け生産者は来期の生産量を増加させる計画を立てる。

以下 3 期、4 期と続いていく。このように需給の均衡点に向けて価格が瞬時に上下したり(ワルラス的調整)、供給量が瞬時に増減したり(マーシャル的調整)するのではなく、価格や供給量が振動しつつ変化していくことがくもの巣モデルの特徴であり、変化をグラフにするとくもの巣状に見えることが名前の由来である。くもの巣モデルでは均衡点で需要曲線が供給曲線よりも弾力的である場合に収束、供給曲線が需要曲線よりも弾力的である場合に発散する。

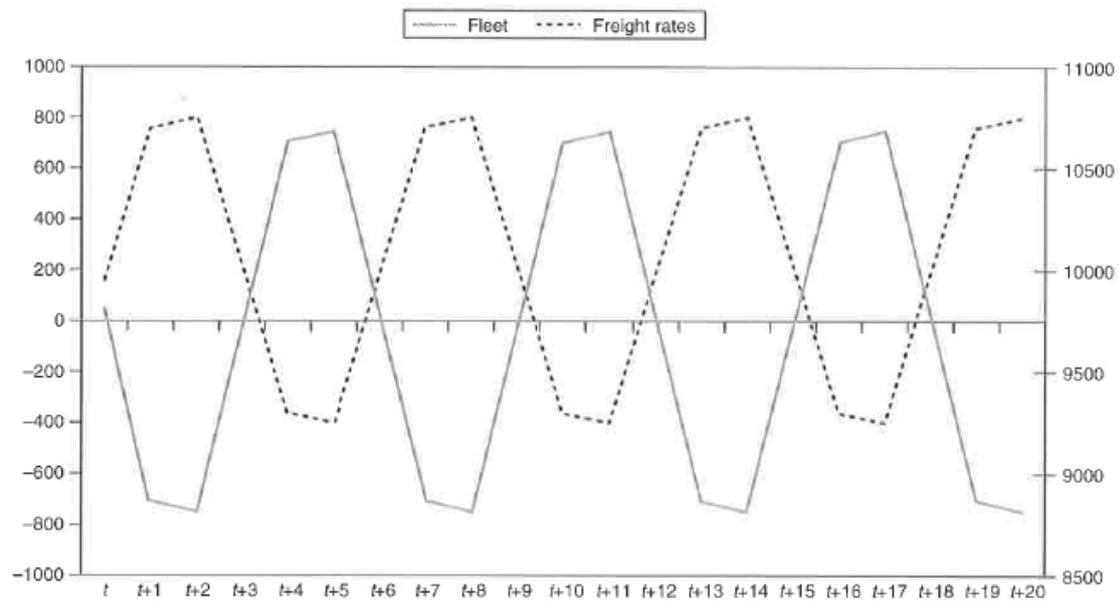


図表 3-01：くもの巣モデルの概念図

このくもの巣モデルに海運市場の特性を当てはめて、海運市場の周期変動をモデル化したのが Tinbergen と Koopmans である。Tinbergen(1934)および Koopmans(1939)によって組み立てられたモデルを本研究では Tinbergen-Koopmans モデルと呼ぶ。

Tinbergen-Koopmans モデルでは需要である荷動きは運賃が変化しても連動して変化することはせず一定であり、また供給である船腹量も短期的な運賃の変動には追従せず一定である。その代わり、短期(同一の期中)では既存船隊の平均速度が増減することで輸送能力が変動し需要と供給のマッチングが行われ、長期(次の期)では現在の運賃水準に基づいて新造船発注が行われてタイムラグを持って船腹量が増減する(なお Tinbergen-Koopmans モデルでは解撤はモデルに含まれておらず、発注量が解撤を含む見かけの値として定義されている)。

このような抽象化を行ったモデル化により、Tinbergen-Koopmans モデルは従来の海運に関する知見と整合する形でくもの巣モデルの性質をあてはめることに成功した。すなわち、海運市場で市況循環が備船市場と新造船市場のタイムラグによって発生することである。具体的には好況期には備船料が上昇することで発注量も連動して増加し、それら好況期の発注船が竣工すると船腹量過剰のため備船料は下落、それに連動して発注量も減少して来期には船腹量不足によって備船料が上昇し、その来期には発注量が増加に転じる、という循環が発生するのである。図表 3-02 が Tinbergen-Koopmans モデルで収束・発散せず循環が続く場合の備船料と新造船発注量の循環図である。



図表 3-02：Tinbergen-Koopmans モデルで循環が続く場合の傭船料と新造船発注量

Tinbergen-Koopmans モデルは将来期待を含まない非常にシンプルなモデルであるにもかかわらず、荷動きの増減や外部の景気動向を用いずに海運市況の循環変動を説明できる点で画期的なものであった。その一方で、そのシンプルさゆえにモデルに含まれない要素が存在すること、特に将来期待を含んでいないことは船の資産としての性質(竣工から解撤までの間輸送サービスを提供し続ける)を踏まえると海運の投資判断のモデル化としては不十分であり、この点についての拡張が求められていた。

この点についての拡張を行ったのが Beenstock and Vergottis (1993)であり、彼らが提示したモデルを本研究では Beenstock-Vergottis モデルと呼ぶ。

Beenstock-Vergottis モデルでは傭船市場、新造船市場、中古船市場、解撤市場の4つのマーケットが取り扱われる。これら4つのマーケットには以下のような関係がある。

- ・ 荷動きは運賃が変動しても変わらず、船隊の平均速度が変化して輸送能力が変化することで調整される。(ここは Tinbergen-Koopmans モデルと同じ)
- ・ 傭船料は船隊の平均速度と燃料価格に応じて決まる。
- ・ 荷動きは期ごとに変動する
- ・ 中古船価は①当期の傭船料②来季の中古船価予測③当期の金利という3要素の組み合わせで決まる
- ・ 新造船価は竣工時の中古船価予測と同一である
- ・ 新造船発注量は新造船価と鋼材価格で決まる

- ・ スクラップ量は中古船価とスクラップ売船価格で決まる

このような4つのマーケットの中で、マーケットが効率的であり船主が合理的期待形成仮説に従って行動する場合、荷動きが一定の場合には備船料や新造/中古船価格の循環的変動は発生せず、荷動きが増加していくことが循環的変動を発生させる、という点が価格の循環変動という観点から見た場合の Beenstock-Vergottis モデルの特色となる。

Tinbergen-Koopmans モデルと Beenstock-Vergottis モデルは共に循環変動が船の発注～建造のタイムラグによって生じるため、その周期は数年単位となる。これに対し、より短いサイクル、つまり新造発注による船腹量の変動が生じない期間での循環変動についての切り口を示したのが Zannetos(1966)である。

Zannetos の主張は自己実現的予言によるものである。これは、実際には備船料の変化をもたらすファンダメンタルズ(すなわち荷動きと船腹量)が変化していないにもかかわらず、備船料が変化するという期待がマーケット参加者の間に生じることで、契約タイミングの変化による異時点間代替により実際にファンダメンタルが変化し備船料が変動するというものである。具体的なメカニズムは以下の通りである。

- (1) 実際にはマーケットのファンダメンタルズに変化は無くそれゆえに備船料の変化も生じないはずの状況下で、何らかの理由によりマーケット参加者(荷主と船主の双方)の間に、今後需給が引き締まり備船料が上昇するという期待が発生する。
- (2) 第1章で述べた通り、スポット備船マーケットでは契約から船積までの所要時間には幅がある。このため、今後備船料が上昇していくという期待が存在する状況では、荷主は備船料上昇を避けるためなるべく早く契約しようとし、一方で船主はなるべく契約を遅らせようとする。
- (3) このため、足元のマーケットでは貨物が増加し船が減少するため、実際に需給が引き締まり備船料は上昇する。
- (4) 一方で、(1)に述べた通りマーケットのファンダメンタルズに変化が無いため、足元のマーケットで契約が増加し未契約の船腹が減少した分、将来のマーケットでは契約が減少し未契約の船腹が増加することになる。これを受け、備船料の先高期待が剥がれ落ち、備船料が下落に転じる。

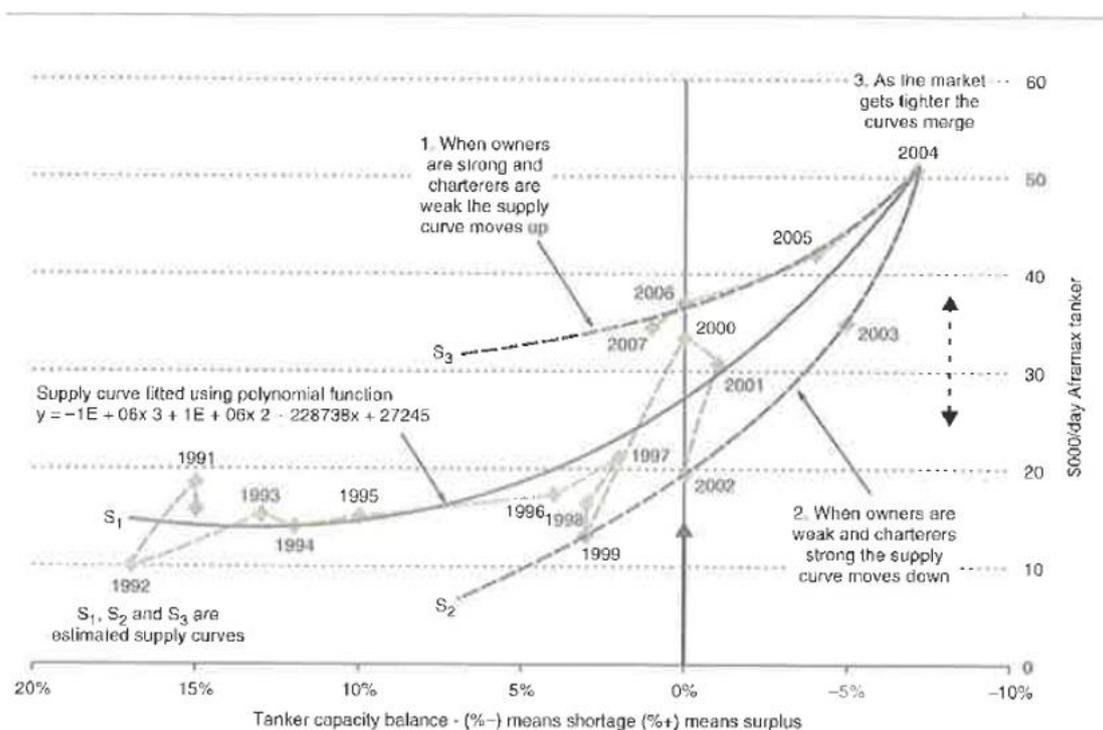
前節で述べた通り、ここまで述べてきたタイプの備船料の周期的変動に関する研究は、先述の Beenstock-Vergottis モデルを最後に 1990 年代に途絶することになる。

2000 年以降に登場した備船料の変動に関する研究のうち、荷動きと船腹量に注目したものには以下のようなものがある。

Karakitsos and Varnavides(2014)は、備船料が需給の均衡水準をベースに今後の利子率の変動への期待によって変動するとし、その期待の変化が SHIPPING サイクルを引き起こすというモデルを提示している。

Tvedt(2003a)は、備船市場と新造船市場の間のタイムラグを持った相互依存性をベースにし、荷動きの価格弾力性が価格水準によって変化する条件を付けくわえることで、荷動きが幾何ブラウン運動するシミュレーションを行って現実と良く似た備船料の変動が発生することを示した。

学術的な論文ではないが、Stopford(2009)では、1990年から2007年にかけてのアフラマックスタンカーのスポット備船料市場において、荷動きと船腹量の年次の増減率から求めた需給バランスとスポット備船料を比較し、時期に応じて3つの供給曲線を描くことができることを示している(図表 3-03)。但し、この分析では変動は年単位で取られているため単位が粗く、また分析はスポット備船料と需給バランスを2次元のグラフにプロットして線につなぐもので統計的な処理がなされているわけではない。



図表 3-03：時期による備船料と需要・供給の関係の変動

3. 4. 備船市況の周期変動そのものに着目した論文

運賃・備船料市場に存在する周期変動に関する研究には、前節で述べたモデルを先に作りそのモデルの当てはまりを検証しようというアプローチ以外にも研究が存在する。具体的には周期変動そのものを観察し、その特性を分析しようという切り口の研究である。

そもそも本章冒頭で述べた通り、備船市況に周期変動が存在するという言説は海運経済学の成立前から実務家の間にも古くから存在した。

前節で説明したモデルを元に備船料の変動を分析するアプローチが途絶えた後、2000 年以降に備船料の変動を対象とした分析で主流になったのは、備船料の時系列データを直接分析することで各種の変動周期を発見しようというものである。本研究の第 6 章もこのようなアプローチを用いた研究の一種である

Gavalas and Syriopoulos(2016)は、 SHIPPING サイクルはマーケット関係者のセンチメントに由来するものであるとし、その定量化を試みている。この研究は上昇→山→下落→谷という備船料サイクルの各側面に注目し、実データとの照合によりそのようなサイクルが実際に存在するかどうかを判定しようというものである。具体的には、海運関係者へのアンケートで得られた信頼感指標(C Confidence Indicator)を平滑化し、高水準/低水準と上昇/下落を組み合わせた 4 象限で示したものを作成し、2006 年 1 月から 2014 年 8 月までの期間にプロットすることで、信頼感指標はこの 4 つの象限を同じ向きで循環すること、およびその変動が備船料の変動と一致することを示した。

より直接的な切り口としては、従来に比べて解像度が上がった運賃・備船料の時系列に対し、工学分野で開発された信号の周波数分解の手法を当てはめることで、各種の周期変動を統計的手法で検出しようとする研究が複数行われている。これらの分析の多くで、現在 SHIPPING サイクルとして認知されている周期 3~4 年の周期変動が検出されている。例えば、Chiste and van Vuuren (2013)は BDI の時系列に対してフーリエ分析を用い、4 年と 7 年の周期を抽出した。また、Angelopoulos (2017)は BDI に経験的モード分解 (EMD; Empirical Mode Decomposition)を適用し、5 つの周期を抽出した(11.3-11.6 年、3.4-5.3 年、2.9-3.8 年、1.4-2.3 年、0.94 年)。このうち 3.4-5.3 年と 2.9-3.8 年の周期が SHIPPING サイクルに近い。

本研究では直接取り扱わないが、SHIPPING サイクル以外の周期変動として、季節変動も先行研究で重要なテーマとして取り扱われている。例えば、Kavussanos and Alizadeh (2001)はドライバルク貨物船備船市場の季節性を調査し、確率的季節性(stochastic seasonality)が存在するにもかかわらず、決定論的季節性(deterministic seasonality)の証拠がないことを明

らかにした。ドライバルク備船市場以外では、Yin and Shi (2018) がコンテナ船市場における季節性の性質を研究している。

3. 5. 統計手法の利用で準拠した教科書

本研究で用いた時系列分析を含む統計的手法の多くは既に一般化したものであり、研究者による論文で参照できるだけでなく一般的な教科書にまとめられている。本研究では統計手法の利用にあたっては初出の研究だけではなくそれら教科書を参照して具体的な利用方法などを確認し、用語についても教科書での翻訳、用法に準拠している。

具体的に参照した教科書は、時系列分析については沖本竜義氏の『経済・ファイナンスデータの計量時系列分析』(沖本, 2010)、統計一般については小波秀雄氏の『統計学入門』(小波, 2017)である。

第4章：本研究のフレームワーク

本章では第1章から第3章までで述べてきた内容を踏まえた上で、本研究で採用するドライバルク貨物船備船料の変動分析のフレームワークを提示する。具体的には、以下のような点を提示している。

- 分析の目的をドライバルク備船料の3年～4年周期の変動(SHIPPING サイクル)の判定および性質特定とすること。
- 変動の前提として備船料が基本的に需要と供給によって定まるというモデルを置くこと。
- 変動がどのように生じるかを場合分けしたうえで、分析の対象として短期・不規則な乖離の変動」「循環性を持つ乖離の変動」「モデルの変化による変動」の3つの場合を取り上げること。
- 分析する対象の市場をパナマックス船型とし、分析に用いるデータの頻度は月次とすること。

4. 1. 分析の目的：SHIPPING サイクル(3年～4年周期の変動)の判定と性質特定

第1章から第3章までで述べてきた通り、備船料の変動はさまざまな要因で発生し、周期や大きさなどは様々である。本研究ではそれら変動の中でも、既に説明したSHIPPING サイクル、すなわち3年～4年の周期で発生する変動を分析し、その判定や性質の特定を行いたいと考えた。

SHIPPING サイクルを中心に据える理由は、この変動が海運業のビジネスに与える影響が、実務家にとって最もインパクトの大きい意思決定である船の発注に直結するためである。具体的には3年～4年というSHIPPING サイクルの周期は、船主が船への投資を決定して造船所に発注し、完成後に船を受け取って償却負担の大きい最初の数年間のビジネスを行う、という期間に相当する。この期間に備船料がどのように変動するかを理解することは船への投資を適切に判断できるかどうか直結するのである。

もちろん異なる周期を持つ備船料変動にもそれぞれの実務上の用途がある。例えば備船料先物の取引を事業とする海運トレーダーにとっては週単位の(場合には日単位の)細かな変動が重要となるし、高額な特殊船を船の寿命(おおむね20年強)まで持ち切れることを前提とする専用船ビジネスでは数十年単位の変動を踏まえることが必要となる場合もある。だが、海運業全体としては、SHIPPING サイクルが最も重要な周期変動と考えて良いし、そうであるからこそ各種の周期変動の中でこの周期の変動に対し「SHIPPING サイクル」という名前が付けられているのである。

なお、 SHIPPING サイクルの判定や性質特定を行うためには、 SHIPPING サイクル「ではない」変動対比の対象としてやや短い月単位の変動の性質を知る必要もあり、本研究はそういった変動も研究の対象とする。

4. 2. 備船料を定めるモデル：需給で決まる水準とそこからの乖離

本研究では、備船料について基本的には需要と供給(具体的には荷動き量を船腹量で割って得られる値である「需給比率」)によって定まるが、その水準からの乖離が様々な要因で発生して実際の備船料が定まる、というモデルを採用する。以下、需給比率から想定される備船料を「理論備船料」と、それと対比する形での現実の備船料を「実備船料」と、それぞれ表記する。

この前提として、序章で述べた通り海運業の実務家の間には「備船料は基本的には荷動き量と船腹量で定まる」という認識があり、筆者も実務家として適切なデータ処理を行うことで両者の関係を示すことができると研究開始時点で想定していた。本研究では、第5章でこの関係の存在を示す。

第3章の先行研究調査で見た通り、従来の学術的な研究では備船料の変動分析を行なう手段として、

- ① 備船料そのものに着目して単体での変動の性質を分析する。
- ② 備船料と荷動き・船腹量(荷動きは備船料の変動を受けないと仮定されているため実質的には船腹量のみ)との間の相互作用を分析する。

といういずれかのアプローチが取られていた。

だが、本研究ではこれらのアプローチを採用しなかった。その理由は下記の2点である。

- ① 備船料が基本的には荷動き量と備船料で定まることを前提とするなら、備船料単体の変動の性質よりも荷動き・備船料を踏まえて分析を行なう方がより多くの情報を利用できるため、予測精度や説明力が上がるはず。
- ② 前節で述べたように SHIPPING サイクルである3~4年程度の周期の分析を研究の目的とする場合、その期間の荷動き量と船腹量の予測は序章で述べた通り実務家にとっては与件として与えられている。

また、第2章で述べた通り、実際の海運市場では備船料が荷動き・船腹量から想定される水準から乖離した状況になることがしばしば発生する。この乖離がどのように発生するかを

知ることが、筆者が実務家として興味がある内容であり、この研究で貢献できる部分であると考えた。

4. 3. 備船料変動の要因分解と本研究で取り上げる要因

前節で想定した「備船料について基本的には需給比率によって定まるが、その水準からの乖離が様々な要因で発生して実際の備船料が定まる」というモデルの中で変動がどのように生じるかを要因分解して図示したものが図表 4-01 である。



図表 4-01：備船料変動の要因分解

最初に分解したのが「同一モデル内での変動」と「モデルの変化による変動」である。後者は「需給比率と備船料の関係を示すモデルが変化したら、同一の需給比率であっても理論備船料は異なる値になる」ということを意味する。一見不自然に見えるが計量経済学の時系列分析研究の中では一般的に取り扱われているテーマであり、例えば GDP の成長率のモデルが好況期と不況期で変化する、などが代表的な事例である。

「同一モデル内での変動」については「需給比率の変化に由来する変動」と「需給比率で決まる水準からの乖離の変動」に分解することができる。前者については荷動き量や船腹量が期を追うにつれて拡大していくこと(特殊な状況では一時的に縮小することもある)を反映した成長・衰退、荷動き量の季節的な変動、事故や天災などを受けた出荷停止などの不規則な要因、などが含まれる。それぞれの要因は興味深く分析する価値があるものではあるが、前節で述べた通り本研究では荷動き量と船腹量は外部から与えられる与件・説明変数として扱うため、分析の対象とはしない。

「需給比率で決まる水準からの乖離の変動」については循環性を持たない短期・不規則なものや循環性を持つものがある。この両者についてはその挙動を知ることが本研究のスコープに含まれることとなる。

これら分解された要因の検証を踏まえ、本研究で扱う変動を下記の 3 つとした。それぞれの位置付けは図表 4-02 の通りとなる。

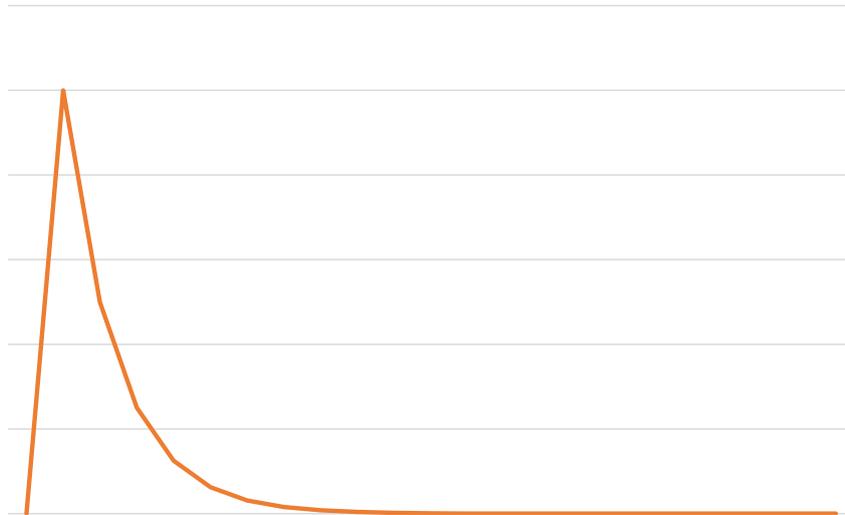
- 短期・不規則な乖離の変動(第 5 章、第 8 章)
- 循環性を持つ乖離の変動(第 6 章)
- モデルの変化による変動(第 7 章)



図表 4-02：本研究で対象とする備船料変動の要因分解

以下、それぞれの変動について具体的に解説している。

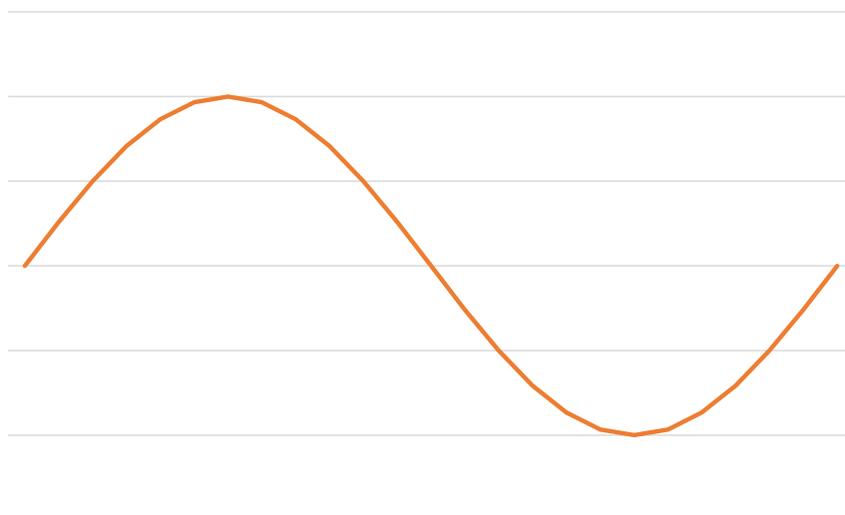
「短期・不規則な乖離の変動」とは、何らかのショックにより実備船料が理論備船料から突然乖離し、そのショックの影響が単調に減衰していくにつれて乖離も減少していくものである。この種の変動のイメージを図表 4-03 に示す。



図表 4-03：短期・不規則な乖離の変動のイメージ図

この種の変動は異なる大きさや減衰率のショックが互いに独立して毎月複数個発生し、それが重なり合った結果が検知される。本研究ではこの種の変動の分析を行うため、第 5 章にてシンプルな時系列モデルである AR(1)モデルの当てはめ、第 8 章においてグレンジャー因果性の推定、インパルス応答関数などの手法を用いた。

「循環性を持つ乖離の変動」とは、乖離が時を追うに連れて拡大してピークに達し、その後は減少に転じてボトムとなり、再び元の値に戻る、という、波のような変動である。この種の変動のイメージを図表 4-04 に示す。

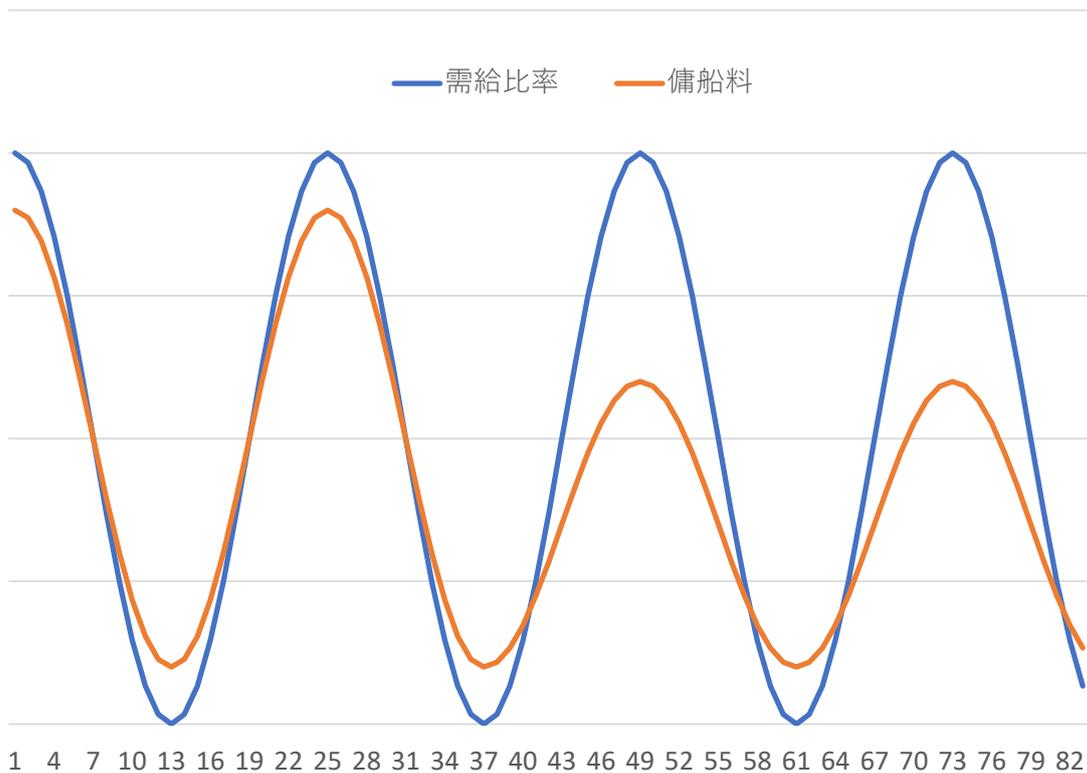


図表 4-04：循環性を持つ乖離のイメージ図

このような変動としては図表 4-04 で示した三角関数的なものが典型的であるが、それ以外の形状を持った変動であっても、時系列の自己回帰性に着目して分析することができる。

本研究では循環性を持つ乖離による変動を分析するため、第 6 章で自己回帰とその統計的な有意性を図示化できるコレログラムという手法を用いた。その結果、実務家の間で知られる SHIPPING サイクルとほぼ一致する周期の循環変動を抽出することができた。また、この期間の変動は船の発注から変動のタイムラグに絡めた分析が伝統的な海運経済学で主流となっており、それを絡めた分析を行った。

「モデルの変化による変動」の一例として図表 4-05 にイメージ図を示す。これは備船料が需給比率との単回帰であるというモデルを想定し、単回帰のパラメータが 2 回目の備船料の底の時点(第 36 期)で変化するというものである。



図表 4-05：需給比率と備船料の関係の変化

第 3 章で述べた通り、この種のモデルの変化による変動に関する先行研究は学術分野には存在せず、Stopford(2009)の中でグラフへのマッピングと複数の近似線という形で直感的に扱われている。

本研究ではこの種のモデルの変化を検出するため第 8 章でマルコフ転換モデルという手法

の適用を行った。マルコフ転換モデルは観測できない要因によるモデルの変化の検出やモデルの推定を行う手法として計量経済学やファイナンスの分野で広く利用されており、 SHIPPING サイクルのように発生の要因が分からないものの分析には非常に有効な手段である。当てはめの結果、備船料と荷動き・備船料の関係モデルが変化することがマルコフ転換モデルで検出できること、ただし検出されたモデルは必ずしも実務家が理解する SHIPPING サイクルと一致しないという結果が得られた。

4. 4. 分析するマーケット：パナマックス船型

本研究では SHIPPING サイクルに関連した変動の判定と性質特定という分析目的に最もふさわしい市場として、パナマックス船型を対象とすることにした。

ドライバルク貨物船全体ではなく個別の船型を分析の対象とした理由は、現在のドライバルク貨物船の備船市場は船型別に分断されていることである。これは第 1 章で見た通り各船型の主要貨物は一定の重複がありつつも異なっていることに起因する。各船型の備船料は一定の連動性を持ちつつも、荷動きや船腹量、あるいはそれ以外の特殊要因やマーケット参加者のセンチメントなどは個別に変動するのである。また、ドライバルク貨物船全体に対応するマーケット指標(現時点で主流なのはバルチック指標の一つである BDI)は、船型別マーケット指標を集計・平均して算出されるため、各時点で突出して備船料が高い船型が存在すればそれに引きずられる。このため、ドライバルク貨物船全体を対象とする指標を用いた分析では解像度が低すぎ、荷動き量と船腹量が備船料に与える影響を十分に評価することができないと考えたのである

ドライバルク貨物船の主要 4 船型(ケープサイズ、パナマックス、ハンディマックス、ハンディサイズ)のうちパナマックス船型を対象とした理由は、パナマックスが 4 船型の中でもっとも競争が激しく流動性が高いため、荷動き量と船腹量以外のノイズが備船料に与える影響が小さいと考えたためである。最大の船型であるケープサイズは第 1 章で述べた通り輸送量のほとんどが鉄鉱石で占められている。鉄鉱石の海上輸送量は輸入量の 7 割を中国、輸出量の半分をオーストラリアが占めており(日本郵船, 2022)、また輸出者としては数社の大手鉱山会社が圧倒的なシェアを占める。このため、これら国・企業に関連するニュースによって引き起こされるセンチメントの変化に反応して備船料が動く傾向が他の船型よりも強い。ハンディマックスとハンディサイズは反対に、主力貨物のマイナーバルクが複数の種類の貨物で構成されている。第 1 章で述べた通りマイナーバルクは貨物ごとに輸送特性が異なり、備船マーケットが貨物ごとに細かく分断されている。このため、各貨物を集計した荷動き全体が備船料に与える影響が分かりづらい。これらの船型と比べ、パナマックスは主要貨物が石炭と穀物、一部の鉄鉱石であり、これら 2 つの貨物の備船マーケットは統合されている。またケープサイズでの鉄鉱石と異なり、輸出入で圧倒的なシェアを持つ国や企業

が存在しない。これらの要因がパナマックス船型の傭船マーケットを 4 船型の中で最も競争性が高く流動的なものになっているのである。

第5章：備船料と需給比率の連動性と平均回帰性

5. 1. 本章の概要

本章で取り扱うテーマは2つ、「備船料は基本的には荷動き量と船腹量の比率である需給比率と連動している」および「実備船料の需給比率で決まる水準からの乖離は期を追うごとに単調に減衰していく、つまりゼロに向けての平均回帰性を持つ」という仮説を検証することである。この2つの仮説を同じ章で扱う理由は両者が密接な関係にあるためである。具体的には、乖離や備船料、需給比率のそれぞれが平均回帰性を持つかどうかの判定が、備船料と需給比率との連動性の判定方法の決定(見せかけの回帰が存在するのか)に関係してくるのである。

この2つの仮説は次章以降の分析の基礎となるものである。つまり、「備船料は基本的には需給比率で決まる」「毎月発生する短期・不規則な乖離の変動は期を追うごとに減衰しゼロに近づいていく」という2点を前提としたうえで、この2つの要因を取り除いた備船料の変動に周期性が存在するのか、存在するのであればどのようなものであるのかについて次章以降で分析していくのである。

一方で、この章で取り扱うテーマには単体でも価値が存在する。具体的には「備船料は平均回帰性⁴を持つプロセスであるか」という点につき、実務家の理解や古典的な海運経済学の世界と時系列分析手法による研究結果が食い違っており、本章の分析はそれに対して解を示すものである。前者の理解は「正しい。備船料は平均回帰性を持つ。期ごとに生じた乖離は期を追うごとに減少してゼロに近づいていく」であり、後者の理解は「誤りである。備船料は単位根過程であり平均回帰性を持たない。期ごとに生じた乖離は減衰せず積み重なっていく」である。

この問題は単純に学術的な興味の問題には留まらない。ある時系列が単位根過程であるかどうかは、その性質の分析に回帰を利用することができるかどうかということに関連するためである。海運実務家にとって備船料が荷動きや経済指標とどのように関係するかの分析は重要なテーマであり、そこで用いられる手法としてもっとも基本的なものは回帰分析である。だが、第3章で述べた通り2つの単位根過程の間で回帰分析を行なうと、実際の関連性が無くても異常に高い決定係数が出る「みせかけの回帰」という問題が生じるのである。

⁴ 時系列分析における平均回帰性とは、当期の値よりも次期の値の方が平均に近い値になるという統計的な性質を示す。

本章の分析結果は、備船料を「需給比率で決まる水準」と「その水準からの乖離」という要素に分解した場合、前者が需給比率に由来して単位根過程である一方、後者は単位根過程ではない、そして備船料全体としては前者の影響により単位根過程である、というものである。この結果は、備船料の検定結果が単位根過程であるという結果と整合的であるし、備船料が中長期的には需給で決まる水準に収斂していく(乖離が期を追うごとに減少してゼロに近づいていく)という実務家や海運経済学の伝統的な理解とも合致する。従来これら2つの理解が整合していないように見えていたのは、備船料と需給比率がどのような関係にあるかについての前提の整理が十分に行われていなかったことが原因であった。

また、本章では、需給比率の計算方法、すなわちパナマックスの荷動き量と船腹量としてどのような値を用い、それら値からどのように需給比率を計算するかについて具体的に定義している。この需給比率の計算方法は後続の章と共通しているため、解説は本章に集中させている。

なお、本章は2020年にJournal of Shipping and Trade誌に掲載した査読論文「Stationarity of Spot Freight Rates Considering Supply/Demand Effect」の内容をベースにしている(Hayashi, 2020)

5. 2. 本章に関連する先行研究

第3章では単位根過程という特徴を持つ時系列データの間で回帰分析を行うと「見せかけの回帰」が発生すること、経済指標の時系列データの多くが単位根過程であるため計量経済学の多くの既存の成果に見直しが必要であったこと、1990年代に入って海運経済学の分野にもこの動きが伝播して多くの過去の研究の見直しが行われたことについて述べた。

本章独自の先行文献調査としては、備船料時系列が単位根過程になる理由や条件をテーマとして取り上げた研究を取り上げる。

備船料時系列が単位根過程となる理由を分析した先行研究は少数しか存在しない。その中でも、本章の分析で行ったような需給要因を用いた分析は調査の範囲では見つけられなかった。

Tvedt(2003)は、米ドルと日本円の為替レートに注目した研究である。日本円建ての備船料時系列は単位根過程ではないが、米ドル建ての備船料時系列は単位根過程である、つまりドライバルクの主要な船主国である日本の国内の観点では単位根過程でなかったものが、米ドルと日本円の為替の影響によって単位根過程になっていた、というのが同研究の結論である。

Adland and Cullinane(2006)、および Koekebakker, Adland and Sodal(2006)は備船料の水準に着目した研究である。その結論は、備船料が非常に高いかあるいは非常に低いかなど極端な状況にある場合には備船料時系列は単位根過程ではないが、そうではない期間については単位根過程であるというものである。

5. 3. 分析手法

本章の、そして本研究全体の分析を開始するにあたり、どのような指標をどのように用いてパナマックス船型の備船料市場の状態を見ていくかを定義する必要がある。

パナマックス船型の備船料を表す指標としては、バルチック海運集会所が公開する主要4航路スポット備船料平均を用いる(以下「備船料」と単に表記した場合にはこの指標を指すものとする)。第1章で述べた通り、バルチック海運集会所が公開する各船型の主要航路スポット備船料平均は備船料を示す指標として実務家の間で最も広く利用されている。但し主要航路スポット備船料平均で用いられる航路やその定義は期を追うごとに変化する。第1章の図表1-18で示した通り最新のパナマックス主要航路は5航路であるが、このデータの提供が開始されたのは2017年8月であり、本研究が対象としようとする期間全体をカバーしない。このため、その前の定義である主要4航路スポット備船料平均を用いることとした。この指標は1998年5月から現時点まで継続的に提供されている。

備船料は対数化したものを利用している。これは備船料が非常に大きな変動幅を持ち、高価格域と低価格域のそれぞれでの変動について変動率を基準にして同様に扱う(例えば、2万ドル/日から1万ドル/日への下落と2千ドル/日から1千ドル/日への下落とをどちらも50パーセントの下落として扱う)ためである。また、第3章で述べた備船料の性質の1つである「低価格域での変動は小さいが高価格域では供給量が増加しなくなるため価格が急激に上昇していく」という性質の近似としても、対数表記は有効であると考えられる。

本研究では、需要と供給について、需要である荷動きデータは「パナマックス船型で運ばれる主要な品目・輸出国の月次積み高の合計」、供給である船腹量データは「その月のパナマックス船隊の船隊規模(DWT表記)」を利用し、前者を後者で割った値を需給比率として計算に用いている。

この荷動きデータの定義については「貨物ごとの輸送距離の違いを反映しておらず、積み高に輸送距離をかけたトンマイルを利用すべき」「主要でない品目・輸出国の輸出量が反映されていない」という批判がありうる。前者については対象期間を通じて入手可能なトンマイルデータが存在しないということが主な理由であるが、期間を限定した予備調査の結果ト

ンマイルを用いてもかならずしも精度が向上する訳ではないことが判明している⁵。後者については、パナマックス船型による荷動き量の大部分が主要品目・主要輸出国によってカバーされているだけでなく、主要品目・主要輸出港以外の貨物はスポット備船マーケットの外側で契約が行われることが多いため、二重の意味で影響が小さく無視できると考えられる。

需要データとして具体的に採用した主要品目と主要輸出国の組み合わせは図表 5-01 の通りである。輸出货量は各国が通関統計として発表したものを用いており、具体的には各国の通関データを収集・販売しているデータベース Trade Data Monitor(Trade Data Monitor, 2022) から取得した。

| 品目 | 主要なパナマックス積み輸出国 |
|------------|----------------------|
| 原料炭(高炉用石炭) | 米国、オーストラリア、カナダ |
| 一般炭(発電用石炭) | オーストラリア、南アフリカ、インドネシア |
| 小麦 | 米国、カナダ、ロシア、オーストラリア |
| トウモロコシ | 米国、アルゼンチン、ウクライナ、ブラジル |
| 大豆 | 米国、アルゼンチン、ブラジル |

図表 5-01：パナマックス船型の主要な品目と輸出国

供給データの定義については「船腹の輸送能力は船腹量だけではなく平均航行速度の影響を受けるのではないか」「ドック入りや滞船、係船などによる非稼働期間も考慮するべきではないか」という批判がありうる。これらについては、対象期間を通じて入手可能なデータが存在しないこと、および変化が緩やかであるため分析の大勢に影響を与えないと考えられることから除外した。

供給データとして利用したものは Clarksons Research 社が提供する海運統計データベース「Shipping Intelligent Network」(Clarksons Research, 2022) から取得した。このデータベースは海運実務家の間で最も広く利用されているものである。データ項目名は"Fleet Development (in DWT)"である。

本章が対象とする分析期間は、第 2 章で述べた海運バブル崩壊によるマーケットの混乱が

⁵ この理由については理論的、統計的な検証は行われていない。実務家の間での直感的な認識は、輸送距離が長いことは翌月以降にも船が解放されないという形で船腹需給に影響を与えるため月次の需給関係には直接影響せず、毎月貨物の引き合いがどれだけマーケットに登場するかを示す荷動き量の方が強く影響する場合もあるというものである。

収束した 2009 年 2 月から、本章の基となる研究の開始時点でデータが安定していた⁶2017 年 5 月までの 100 か月である。

本章では、先述の方法で定義した備船料と需給比率を対象に、以下のような段階を踏んで分析を行なう。

- (1) 備船料を目的変数、需給比率を説明変数にした単回帰分析を行ない、回帰式(パラメータである回帰係数と切片)を求める。
- (2) 需給比率を(1)で求めた回帰式に代入して理論備船料を算出し、実備船料との乖離を計算する。
- (3) 実備船料と理論備船料、およびその乖離の時系列に対して統計的な、あるいは目視で確認できる性質を確認し、本章の 2 つのテーマについて答える。

(1)に関し、本章では時点 t における備船料 Y_t と需給比率 X_t の間に以下のように単純な線形単回帰が成立することを想定している。 Y_t が実備船料、 \hat{Y}_t が理論備船料となる。

$$\begin{aligned}\hat{Y}_t &= \hat{\alpha} X_t + \hat{\beta} \\ Y_t &= \hat{\alpha} X_t + \hat{\beta} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

(3)で行う統計的な分析のうち、時系列が平均回帰性を持つかどうかの判定については、時系列を AR(1)モデルで表現することで判定を行うこととした。AR(1)モデルは今期の値が前期の値とホワイトノイズ⁷、そして一定のトレンドによって定まる時系列過程で、具体的には下式のように表記することができる。

$$R_t = \phi \times R_{t-1} + \mu + \varepsilon_t$$

ここで、 R_t は期間 t における値、 μ は定数(トレンドを表す)、 ε_t は期間 t におけるホワイトノイズである。 ϕ が 1 の場合、ある期に発生したホワイトノイズは次の期になっても減衰することが無く、期を追うごとに積み重なっていく(このような時系列をランダムウォークと呼ぶ)。一方、 ϕ が 0 の場合、ある期の値は前の期の値に関係なく定数とホワイトノイズのみで決まるため、ある期に発生したホワイトノイズは次の期には全く影響を与えない。 $0 < \phi < 1$ の場合、ある期に発生したホワイトノイズは次期にも影響が残るが、期を追うに

⁶ 荷動き量や船腹量のデータは一旦公表された後も修正が入り、安定するのは最初の公表から数か月経った後である。

⁷ 時系列分析におけるホワイトノイズとは、すべての時点において期待値がゼロ、分散が一定、自己分散を持たない確率変数を指す。

つれて減衰していく。

AR(1)モデルは ϕ の値によって異なる特性を持つ。 $0 \leq \phi < 1$ の場合、その時系列は平均回帰性を持ち、 $\phi = 1$ の場合には平均回帰性を持たない。また、 $\leq \phi < 1$ の場合、その時系列は単位根を持たないが、 $\phi = 1$ の場合には単位根を持つ。

なお、AR(1)過程の性質を調べる際には、その時系列を AR(1)過程としてモデリングすることが適切かどうかを検証しなければならない。具体的には、時系列を AR(1)モデルを当てはめた際の残差に有意な自己相関や自己共分散が存在する場合には、その時系列に AR(1)モデルでは表現できない隠れた構造があり、AR(1)モデルの当てはめが適切ではないことを意味する。本章では自己相関および自己共分散の判定のために Ljung-Box 検定を採用した。Ljung-Box 検定は Ljung and Box(1978)によって開発され、自己相関と自己共分散の存在を検定する方法として統計学や計量経済学で広く利用されている。本研究では Ljung-Box 検定を R バージョン 4.1.0 に標準で組み込まれている Box.test 関数を用いて実施している。

また、時系列が単位根を持つかどうかの判定については Augmented Dickey-Fuller 検定を採用した。Augmented Dickey-Fuller 検定とは Said and Dickey(1984)によって Dickey-Fuller 検定(Dickey and Fuller, 1979) の拡張版として開発された検定手法であり、単位根過程の判定のために統計学や計量経済学で広く利用されている。

Dickey-Fuller 検定は真の過程を AR(1)モデルと仮定し、対象の過程が単位根を持つ AR(1)過程であるという帰無仮説を検定するものである。Augmented Dickey-Fuller 検定は真のモデルが一般に AR(p)過程を取りうるように拡張したものである。具体的には、下記の AR(p)過程

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

を

$$\begin{cases} \rho = \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p \\ \zeta_k = -(\phi_{k+1} + \phi_{k+2} + \dots + \phi_p), \quad k = 1, 2, \dots, p-1 \end{cases}$$

として

$$y_t = \rho y_{t-1} + \zeta_1 \Delta y_{t-1} + \zeta_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \zeta_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

と変形することにより、対象の AR(p)過程は $\rho = 1$ の場合に単位根を持つこととなるため、

これを帰無仮説として検定を行うのである。本研究では Augmented Dickey-Fuller 検定を R の tseries パッケージ(バージョン 0.10-52)に含まれる `adf.test` 関数を用いて実施している (Trapletti et. al., 2022)。

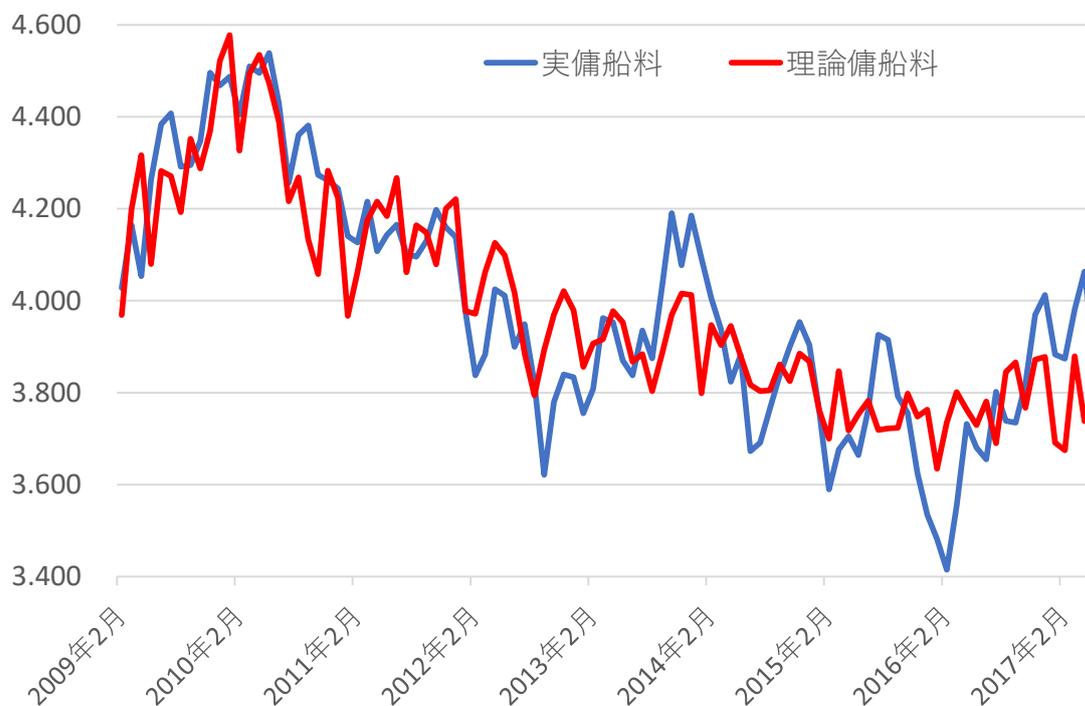
5. 4. 分析結果

最初に前項の段階(1)に関して、備船料を目的変数、需給比率を説明変数にした線形単回帰分析の結果は図表 5-02 の通りである。高い決定係数が得られているが、上で述べた通り先行研究では備船料と需給比率のいずれもが単位根過程であるという結果が得られており。見せかけの回帰が生じるためにこの回帰分析だけでは両者の間に関係性が存在することを確認できない。

| | |
|---------------------------|--------|
| α (回帰係数) | 0.0902 |
| β (切片) | 2.2007 |
| 調整済み決定係数(R ²) | 0.7554 |

図表 5-02：備船料と需給比率の回帰分析の結果

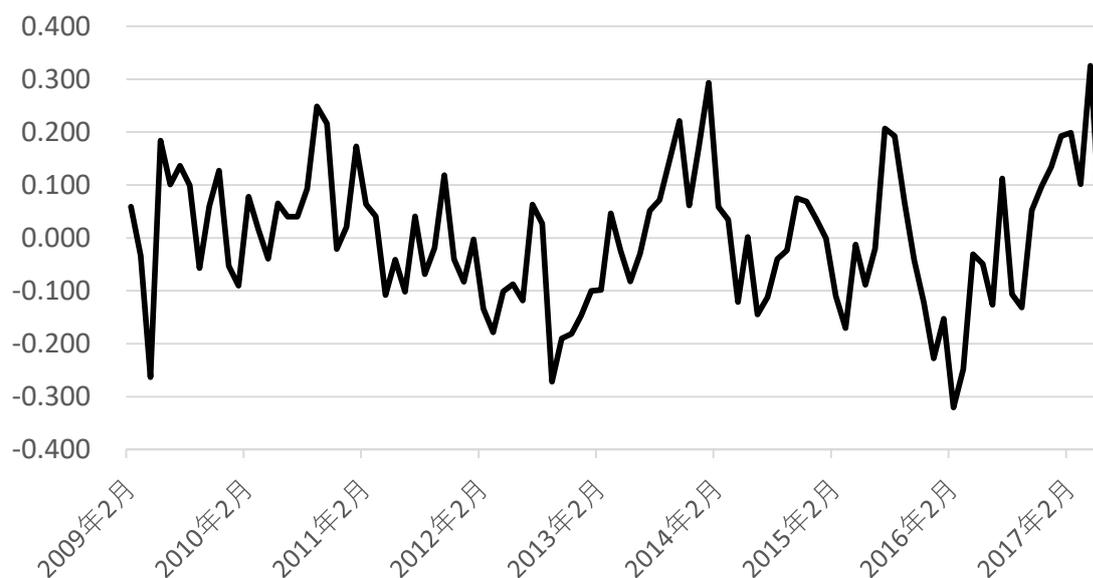
得られた係数を用いて算出した理論備船料と実備船料を重ねてグラフにしたものが図 5-03 である。



図表 5-03：実備船料と理論備船料の推移

このグラフからは、実績値と理論値ともに統計的な処理を適用するにあたって考慮すべき不自然な規則性などの異常な動きは見えてとれない。また理論備船料と実績備船料はピークとボトムのタイミングや値などがほぼ連動して動いており、乖離が発生した場合にも徐々にその乖離が小さくなっていく傾向があることが視覚的に読み取れる。

図表 5-04 は実績備船料から理論備船料の乖離の値の推移である。



図表 5-04：実績備船料と理論備船料の乖離の推移

月単位では大きくランダムに変動しつつ、乖離が大きくなった時には徐々に小さい方向に進んでいく様子が見て取れる。

また、これら3つの時系列データの基本統計値は図表 5-05 の通りであった。

| | 実績備船料 | 理論備船料 | 乖離 |
|-------|--------|--------|---------|
| データ件数 | 100 | 100 | 100 |
| 平均値 | 3.9898 | 3.9898 | 0.0000 |
| 最大値 | 4.5390 | 4.5779 | 0.3251 |
| 最小値 | 3.4150 | 3.6344 | -0.3203 |
| 標準偏差 | 0.2602 | 0.2265 | 0.1280 |

図表 5-05：実績備船料、理論備船料、乖離の基本統計値

図表 5-03、図表 5-04 の2つのグラフから「実績備船料と理論備船料の乖離はゼロに向けての

平均回帰性を持つ」「実備船料と理論備船料は概ね連動している」の2点について統計的な分析を行う障害となる異常な傾向が存在しないことが確認できた。続いて統計処理を行っていく。

最初に、実備船料、理論備船料、乖離のそれぞれの過程に対して Augmented Dickey-Fuller 検定を行う。ラグ長はベイズ情報量規準(BIC)を用いて選択した。その結果は図表 5-06 の通りである。理論値、実績値では 10%水準で「単位根過程ではない」という仮説が棄却され、乖離については 5%水準で仮説が棄却されなかった。

| | 値 | ラグ |
|-----------------------|--------|----|
| 実備船料 | -2.496 | 4 |
| 理論備船料 | -2.303 | 4 |
| 乖離 | -3.723 | 4 |
| Critical values - 1% | -4.052 | |
| Critical values - 5% | -3.452 | |
| Critical values - 10% | -3.153 | |

図表 5-06：Augmented Dickey-Fuller 検定の結果

この検定結果から、実備船料と理論備船料は共に単位根過程であるため、両者の間には見せかけの回帰が存在し、回帰分析の調整済み決定係数によって両者の間の関係性を示すことができないことが分かる。このように 2 つの単位根過程の間に統計上有意な運動性が存在することを示すための手法を共和分という。共和分が成立する条件は 2 つの単位根過程の差が単位根過程ではない(より一般的に言うと 2 つの単位根過程の線形結合によって単位根過程ではない過程を作り出すことができること)ことである。上記の通り実備船料と理論備船料の乖離は単位根過程ではないため、実備船料と理論備船料は共和分の関係にあり、統計的に有意な関係が存在すると言うことができる。

続いて平均回帰性を確認するため、実備船料、理論備船料、乖離の 3 つの時系列に AR(1)モデルを適用した。その結果得られたパラメータは図表 5-07 の通りである。

| | 実備船料 | 理論備船料 | 乖離 |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| 自己回帰係数 ϕ | 0.9258 | 0.8849 | 0.5187 |
| 定数 μ | 3.6937 | 3.5305 | 0.0000 |
| ホワイトノイズの分散 σ^2 | 0.0098 | 0.0113 | 0.0121 |

図表 5-07：AR(1)モデルのパラメータ

また、AR(1)モデルの残差 ε_t に対し自己相関と自己共分散の検定を行った。検定の結果、

3つの過程すべてにおいて、有意水準5%で自己相関と自己共分散の存在が棄却された。これにより、残差 ε_t はホワイトノイズと見なすことができ、AR(1)モデルの当てはめは適切であると判断できる。

平均回帰の強さを示す自己回帰係数は実備船料、理論備船料ともに0.9前後と1に非常に近く、これは両者がランダムウォークであり平均回帰性を持たないと判定される可能性がある(実際に Augmented Dickey-Fuller 検定により両者は単位根過程であると判定された)ことを示す。これに対し、乖離の自己回帰係数は0.5強であり、1より十分に小さく平均回帰性を持つことが示される。

5. 5. 本章の結論とさらなる考察

本章では、本研究全体で分析の対象とするパナマックス船型の備船料と需要・供給の関連につき、備船料と需要、供給のそれぞれで利用する指標の処理方法を示すこと、および需給比率を算定して備船料との間で単回帰を行うことで両者の関係をモデル化することをそれぞれ示した。

そして、このモデルによって得られた理論備船料と実備船料の間に連動性が存在することを、単位根検定と共和分の適用によって統計的に示すことができた。また、理論備船料と実備船料との乖離は平均回帰性を持ち長期的には単調減少してゼロに近づく傾向があることをAR(1)モデルの当てはめとパラメータの評価によって確認することができた。

これら2つの結果は、備船料と需要・供給の関係について本論文の後ろの章で分析を行なうための前提となるものである。次章以降ではこの結果を踏まえ、月次の大きな不規則変動によって埋もれてしまう中期の循環変動の分析を行なっていくことになる。

また、本章で得られた成果、具体的には「実備船料そのものはランダムウォークであり平均回帰性を持たないが、実備船料と理論備船料の乖離は平均回帰性を持つ。その理由は、備船料は需給比率との間に統計上有意な連動性があり、需給比率がランダムウォークで平均回帰性を持たないためである」というものはそれ単体で価値がある。この結果は、冒頭に説明した海運経済学の中での2つの見解、「備船料は長期的には需給で決まる水準に回帰していき、短期的に生じた乖離は時を追うごとに減少してゼロに近づいていく」と「備船料は単位根過程であり、短期的に生じた乖離は減衰せず積み重なっていく」を統合する、つまり両者は共に正しく、違いは視点の置き方(乖離に注目するか実備船料に注目するか)によって生じることを説明できたからである。

第6章：備船料の循環変動と船腹の発注/竣工タイムラグの関係

6. 1. 本章の概要

本章では需給比率と備船料の関係の循環的変動を検証する。前章では需給比率と備船料の連動が統計的に判定できること、毎月発生する実備船料と理論備船料の乖離は翌月にはほぼ半減するペースで減衰していくことを示した。だが、図表 5-03 を詳細に見ると、乖離には毎月発生する変動だけではなく数十か月周期での循環が存在するようにも見える。激しい短期変動を除去して中期トレンドを抽出することで、このような循環変動を判定できるはずである。

本章では、実備船料と理論備船料に対して 12 か月移動平均を適用して季節変動と短期の不規則変動を除去し、その結果判定された乖離をコレログラムという技法を用いて可視化することで周期と大きさを判定した。その結果、38 か月の周期を持ち、実備船料を基準に±25 パーセントの大きさを持つ乖離の循環変動を判定できた。

この循環変動を引き起こす要因として本章では備船料と新造船発注量との関係に着目した。新造船発注量と備船料の間には、備船料が高い時に新造船発注量も多くなるという連動関係があるが、現実の新造船発注量と備船料から算出される理論値の間には需給比率と備船料と同様の乖離が存在する。「新造船発注量と備船料の乖離」と「需給比率と備船料の乖離」はグラフの比較によりほぼ連動していることが確認できる。また 38 か月という周期は分析対象とした時期における発注から竣工までの所要日数のほぼ 2 倍であり、発注から竣工までのタイムラグに関連しているという見方を裏付ける。

これら 2 つの結果は、備船マーケットには需給比率の変動とは独立した周期 38 か月の循環変動が存在し、それが新造船発注と関連していることを示唆する。備船マーケットと新造船マーケットが互いに影響を与えることで備船料の周期的変動が発生するというのは、第 3 章で述べた通り海運経済学の古典的な理論の一つである。だが、この研究では従来の研究で扱われていなかった 2 つの示唆が得られた。

1 つ目は、この循環が備船料水準そのものではなく、需給比率から決まる備船料からの乖離という形で得られたことである。従来の理論では備船料と需給比率の関係が変化することは想定されていなかった。この点について、船の発注残が備船料水準の変化に応じて変動する過程で船主のセンチメントが変化し、それが発注量と備船料の関係に影響を与えるロジックについて仮説の提示を試みた。

そして 2 つ目は、この循環変動は確かに存在するものの、 SHIPPING サイクルの生じる備

船料と需給比率の関係の変化はこの循環変動よりも大きいことである。このような関係変化についての分析は次章で詳細に行われることになる。

なお、本章は 2019 年に IAME 2019 Hong Kong 大会で発表した査読付き報告「Cyclical fluctuation in dry bulk market caused by non-supply/demand factors」の内容をベースにしている (Hayashi, 2019)

6. 2. 本章に関連する先行文献調査

本章には章に固有の先行文献は存在しない。備船市況の周期的変動、備船料の決定要因としての需要・供給とその他の要因については 3 章で取り上げられている。

6. 3. データおよび分析手法

本章で分析の対象とするのは第 4 章で述べた通りパナマックス船型である。利用するデータの種類(備船料、荷動き、船腹量)やその集計手法は第 5 章で説明したものと同じである。

本章が対象とする分析期間は、第 2 章で述べた海運バブル崩壊によるマーケットの混乱が収束した 2008 年 12 月から、本章の基となる研究の開始時点でデータが安定していた 2017 年 5 月までである。

データ処理に関連して第 5 章と異なるのは、本章で注目するのは 12 か月以上の周期を持つ変動であり、12 か月周期の季節変動やそれより短期の不規則変動を排除する必要があるという点である。このため、本章の分析では備船料と需給比率のそれぞれに対して 12 か月移動平均を適用し、12 か月以下の不規則・周期変動を削除している。以降、本章では、「12 か月移動平均を取った備船料」を「12 か月移動平均を取った需給比率」をそれぞれ単に「備船料」「需給比率」と呼ぶ。また、第 5 章でも用いた「実備船料」「理論備船料」「乖離」の用語はそれぞれ上記の 12 か月移動平均を取った備船料・需給比率に基づいて計算したものを指す。

本章では上記の方法で抽出された周期変動を分析するためにコレログラムを利用した。コレログラムとは横軸に元データからのラグを、縦軸にその時点でのデータの自己相関を取ってマッピングしたグラフのことである。コレログラムを用いることで、過去のどの時点のデータとの自己相関が強いかを示すことができ、そこから時系列の持つ周期性を読み取ることができる。また、コレログラムには自己相関の有意水準の上限を表記することが可能であり、ある時点での自己相関が統計的に有意であるかどうかを視覚的に判定することができる。本研究では自己相関とそれを元にしたコレログラムの描画を R バージョン 4.1.0 に標

準で組み込まれている acf 関数を用いて実施した。

また、データの循環性の変動にあたっては、データの値の増減がランダムであるかどうか、具体的にはランダムな増減が偶然に循環に見えている訳ではないかの検証も重要になる。この検証は連検定を用いて行うことができる。本研究では連検定を R の randtests パッケージ(バージョン 1.0.1)に含まれる runs.test 関数を用いて実施した(Caerio and Mateus, 2022)。

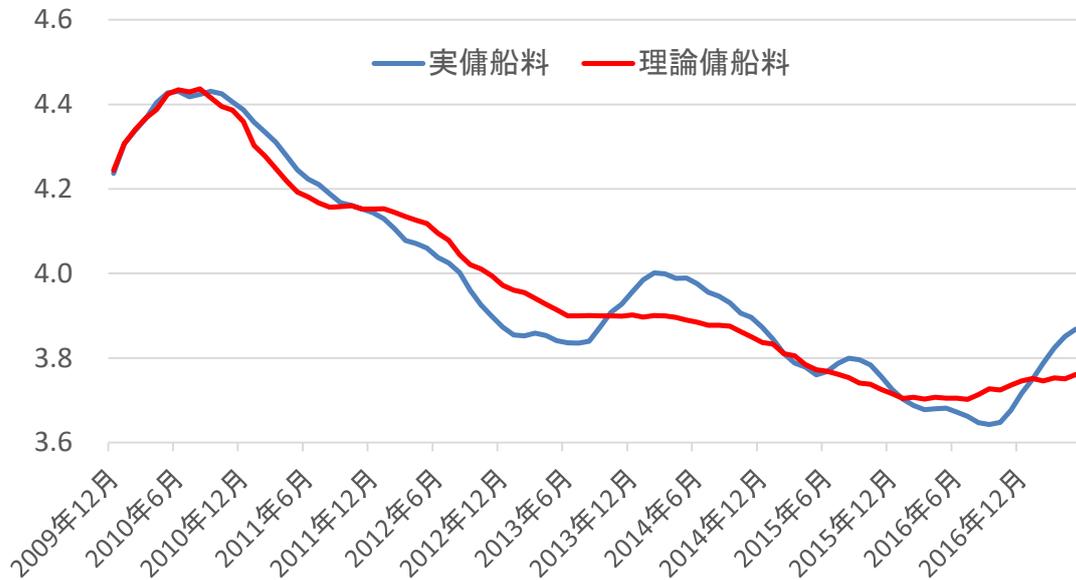
6. 4. 分析結果

分析を始めるにあたり、需給比率から実備船料への回帰が意味を持つかどうか、すなわちこれら 2 つの時系列が単位根過程かどうか、を最初に判定する必要がある。Augmented Dickey-Fuller 検定により単位根の判定を行ったところでは、需給比率のみが単位根過程であり(p 値=0.2848)、実備船料は単位根過程ではない(p 値<0.01)という結果となった。このため、両者の間には見せかけの回帰が発生せず、最小二乗法で求めた決定係数や p 値には意味がある。なお、第 5 章の分析結果と異なり、実備船料は単位根過程ではない、という結果となったのは、12 か月移動平均によって短期の変動が除去されたことで時系列の性質が変わったことが原因と考えられる。

実備船料と需給比率の回帰の決定係数 R^2 は 0.9445 と高く、また p 値は 95% の有意水準にあるため、実備船料は需給比率を用いて良く説明することができる。

この前提を踏まえて、実備船料と理論備船料の乖離について分析していく。

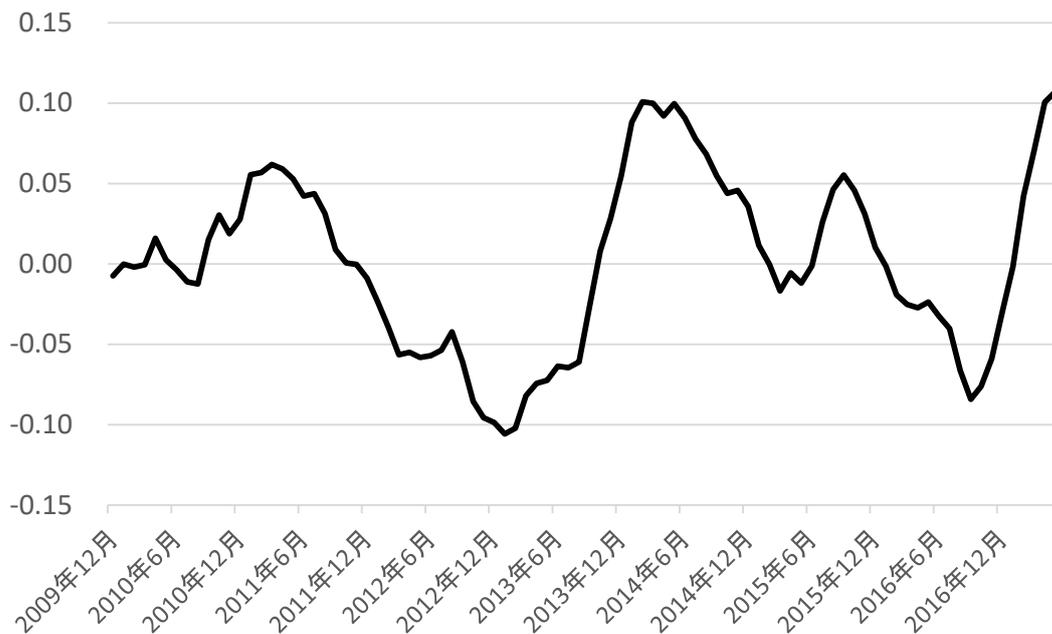
まず、実備船料と理論備船料を図示することによって両者の関係性を目視で確認する。図表 6-01 は分析期間中の実備船料と理論備船料の推移を示したものである(なお、グラフ中の日付は 12 か月移動平均の最終月を示している。つまり「2009 年 12 月」のラベルのデータは「2009 年 1 月~2009 年 12 月のデータの平均値」である)。



図表 6 -01：分析期間中の実備船料と理論備船料の推移

両者は共に分析期間中にほぼ単調に減少しており、おおむね連動した動きとなっているが、まったく同じ動きというわけではなく、両者の動きが大きく異なる部分で両者のグラフが上下に交差している場所がいくつか見て取れる。

図表 6-02 は図 6-01 と同じ期間の実備船料と理論備船料の乖離の推移を示したものである。



図表 6-02：分析期間中の実備船料と理論備船料の乖離の推移(対数表記)

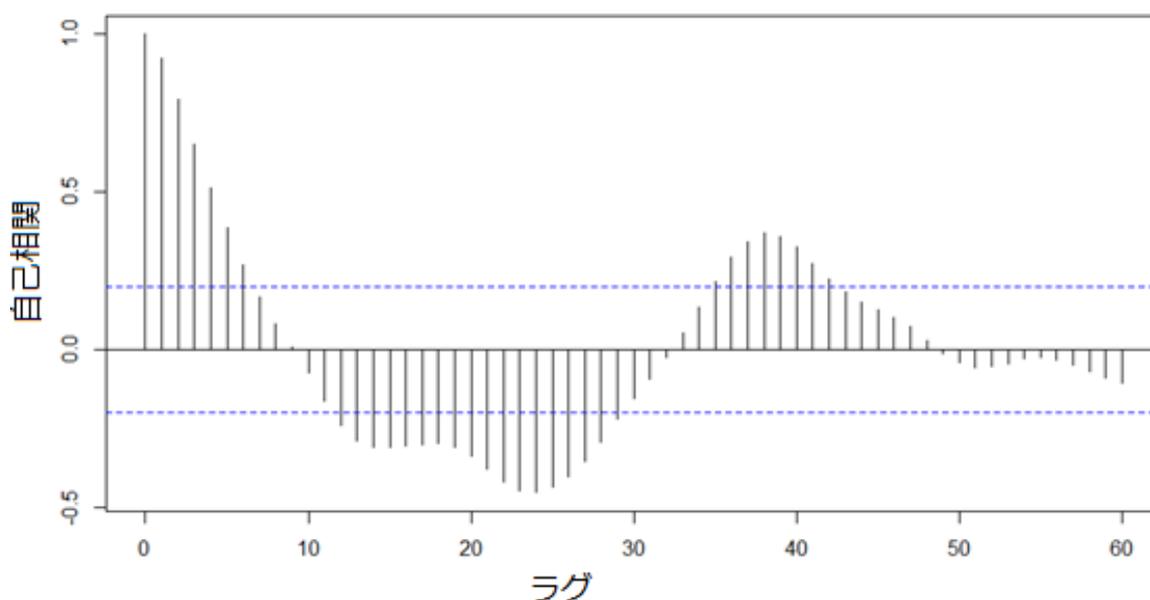
図表 6-02 のグラフから目視で確認できる内容は以下のようなものになる。

- ・ 乖離には 3~4 年を周期とする循環が存在するように見える。
- ・ 循環する乖離は極大値/極小値が ± 0.1 程度である。この値は上記のように常用対数表記であり、これを真数に引き戻すと「実備船料と理論備船料との乖離は ± 25 パーセント程度である⁸⁾」ことを意味する。

上記の内容を踏まえ、乖離の性質を明らかにしていくことにする。

まず、乖離の増減の変化がランダムであるかについて連検定を用いて判定を行う。その結果は乖離の増減の変化がランダムではないという仮説は却下できないというものであった(p 値=0.0004665)。

乖離の変化の増減がランダムではないことが確認できたため、乖離に自己相関が存在するかどうかを確認するためにコレログラムを作成した。その結果は図表 6-03 の通りである。



図表 6-03：乖離のコレログラム

図表 6-03 のコレログラムから、乖離の自己相関が周期性を示しており、かつ統計的に有意であることが分かる。具体的には、12 か月前から 29 か月前までの期間に有意な負の自己相関があり、24 か月前が負のピークである。また、35 か月前から 41 か月前に有意な正の自

⁸⁾ $10^{0.1}$ は約 1.26、 $10^{0.9}$ は約 0.79。

已相関があり、38 か月前が正のピークである。この結果から、コレログラムの形はややいびつであるとはいえ、38 か月、すなわち 3 年程度を周期とする変動が存在することを統計的に確認できた。この 3 年強という周期は SHIPPING サイクルとして認知されている 3~4 年の範囲に収まる。

対象としているのが乖離の移動平均であるため、循環性を持つことそのものは自然であるが、図表 6-01 から読み取れる乖離の姿(例えば実備船料と理論備船料にラグがあるために生じているわけではない)、乖離の大きさや自己相関の強さが充分なものであること、そして上述の 38 ヶ月という周期の意味を踏まえると、この循環性は取り上げる価値のあるものだと考えられる。

6. 5. 備船料乖離の循環サイクルと発注/竣工タイムラグの関係

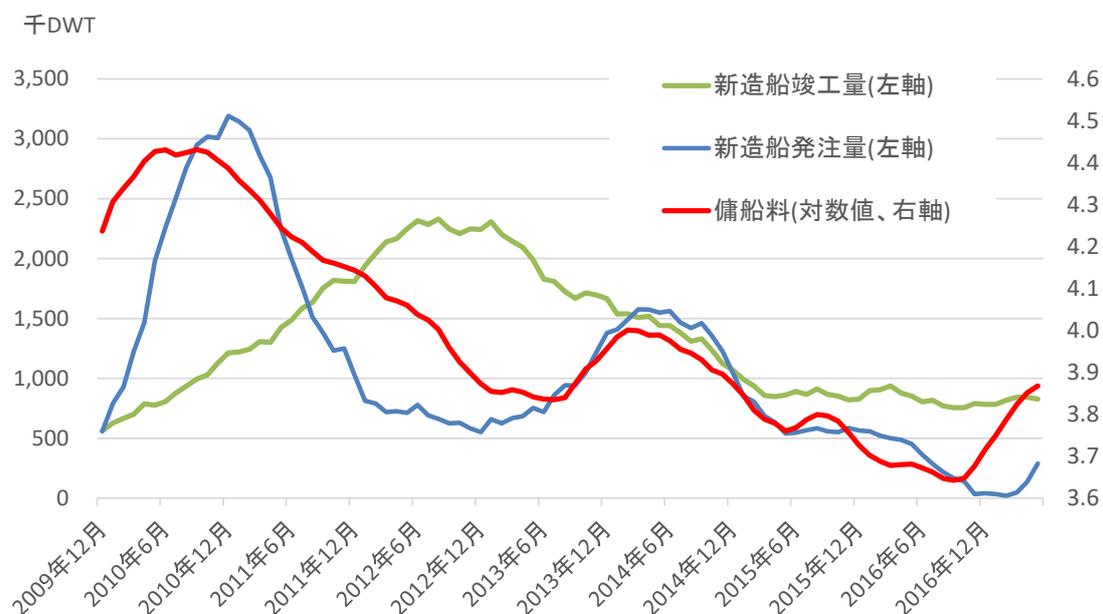
続いて行うべきは前節で検出した 38 か月を周期とする乖離の変動の原因を判定することである。第 3 章で述べたように、備船マーケットに循環性があることは海運経済学の成立当初から認識されており、初期の主要研究である Tinbergen(1934)、Koopmans(1939)以来新造船の発注と竣工の間のタイムラグが備船マーケットの循環の原因としてモデルに組み入れられてきた。また、この 3 年強という周期はこの時期のパナマックスバルカーの発注から竣工までのタイムラグである 1 年半のほぼ 2 倍であり、「一時的な要因による備船料上昇を受けた新造船発注増加」「竣工時には一時的な要因が消滅しており需給緩和により備船料下落、新造船発注減少」「次期の竣工時には発注量が減少していたことにより需給引き締め、備船料の回復」というステップで循環が発生するという理解とも合致する。これらの点から、乖離の変動の周期性が新造船の発注・竣工と何らかの関連があることを考えることは自然である。

だが、今回の乖離の変動の説明は、過去の学説を単純に当てはめるだけでは説明できない。過去の学説は荷動きと船腹量のバランスそのものが変化することで備船料の循環が生じるというものであった。これに対し、前節で行った処理は需給比率によって備船料が定まることを所与としたうえで実備船料と理論備船料との乖離が変動することを示すもので、両者の変動要因は異なるのである。

このため本章では、新造船の発注と竣工に関連した需給比率の変化以外の要因について着目する。具体的には、船の発注や竣工が備船マーケット参加者のセンチメントに影響を与えることで、備船料が中期的に需給比率で決まる水準から乖離する、という経路を想定し、その分析を行う。

図表 6-04 は本章の分析期間中にパナマックスバルカーの新造船発注量と新造船竣工量の変

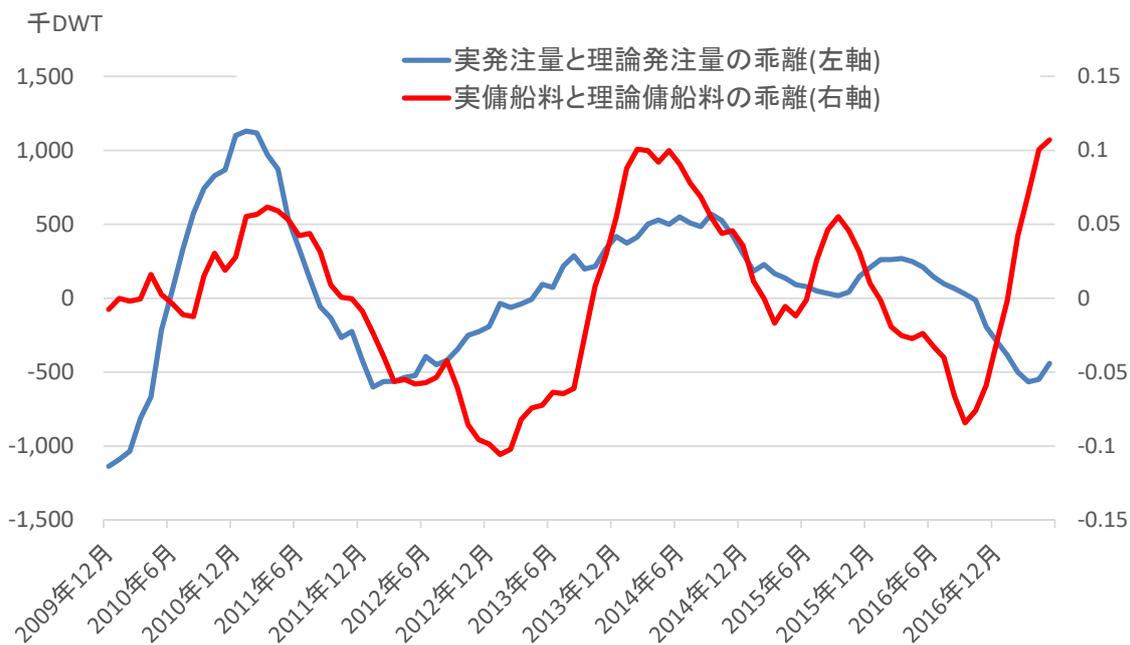
化を備船料と対比して図示したものである。新造船発注量と新造船竣工量は備船料と同様に 12 か月移動平均で表記されており、Clarksons Research 社のオンラインデータベース "Shipping Intelligent Network" から取得した "Panamax Bulker Contracting (in DWT)" と "Panamax Bulkcarrier Deliveries (in DWT)" に基づいている。



図表 6-04：パナマックスバルカーの新造船発注量・竣工量の推移

図表 6-04 から、新造船発注量の動きは備船料とある程度連動していることが見て取れる。先行研究にもあるとおり、船主は備船料が高い時期に船を発注しようという意欲を高めるのである。一方で、新造船竣工量の動きは備船料の動きと関連していないだけでなく、新造船発注量と一定のタイムラグ(この時期では先述の通り 1 年半)で連動しているようにも見えない。これは、一旦発注された船であっても、船主や造船所の事情によって発注が取り消されたり竣工を遅らせたりすることがあるためである。それら事情のうち大きな比率を占めるのが、発注時に想定していた備船料が実現しないことが後になって判明した、というものである。

図表 6-04 から、備船料に影響を与えていそうなのは新造船竣工量ではなく新造船発注量であると判断できる。センチメントの分析を行なうため「新造船発注量は同時点の備船料との単回帰で求まる」という仮定を置き、「実発注量と理論発注量の乖離」を備船料と同じ手法で求めた。これを備船料の乖離と重ねて図示したものが図表 6-05 である。



図表 6-05：備船料の乖離と発注量の乖離の推移

図表 6-05 から、発注量の乖離に循環が存在すること、およびその循環が備船料の乖離の循環と一定程度連動しているようだ、ということが見て取れる。なお、月次の発注量については調査会社の聞き取りベースで取得されるためにタイムラグがあり、かつそのタイムラグが時期によって変化するため、備船料と比べて実際のデータからのずれが大きいことに注意する必要がある。

図表 6-05 が示唆するように備船料の乖離と新造船発注量の乖離が連動しているとする、それを説明するための仮説としては「未知の要因が海運業界全体のセンチメントに影響を与え、そのセンチメントが備船料と新造船発注量の両方に影響を与える」というものと「備船料と新造船発注量が互いに影響を与え合い、その相互作用によってセンチメントが変動しそれぞれのマーケットで理論値からの乖離が生じる」というものの2種類が考えられる。本章では、従来の海運経済学での議論を踏まえ、後者の立場から説明を行いたい。具体的な仮説は以下のようなビジネスサイクルの循環に基づくものである。

- ① 船主は備船料に対して強気の見通しを持つと船の発注を開始する。上で述べた通り、船主の発注状況は調査会社の聞き取り作業を踏まえて集計され市場に報告されるまでにタイムラグが存在する。このため、船主は契約時に他の船主がどれだけ発注しているかを把握できず、特に発注が拡大する局面においては「自分だけが他人に先駆けて上手く発注した」という強気なセンチメントを持ちやすく、これを受けて新造船発注量が上方に乖離する。また、新造船発注量が備船料に対して低い状況は、備船マーケットでも先

行きが明るいということでセンチメントを改善させ、備船料においても上方への乖離を生じさせる。

- ② 発注から数か月後、調査会社が発注状況をマーケット参加者に公開し、船主は備船料から本来想定されるよりも多い新造船発注が他社分も含めて行われたことに気付く。この状況を知った船主のセンチメントは弱気になり、新造船発注量と備船料の上方乖離は縮小に転じる。
- ③ 過剰な発注に恐怖を感じた船主の一部が、造船所との間で発注のキャンセルや竣工延期に関する交渉を開始する。このような交渉を行っている船主は弱気になり、新しい発注を行わなくなるため、新造船発注量は下方に乖離し始める。そしてこのような交渉が報道されると弱気は他の船主にも伝わり、備船マーケットにおいてもセンチメントが悪化、備船料の下方乖離が生じる。
- ④ キャンセルや引き渡し延期に関する交渉を終えるとその船主のセンチメントは回復し、それは調査会社の発注状況報告によって他の船種に伝わる。その後スポット備船市況が上昇局面に入ると①に戻る。

6. 6. 本章の結論とさらなる考察

本章では、需給要因によらない 1 年以上の周期を持つ循環変動の存在を検証した。その結果、周期が 38 か月であり、需給比率で決まる水準からの変動幅が±25%程度である有意な循環変動が存在することが分かった。また、先行研究を踏まえた新造船発注量と備船料との関係分析から、備船料の乖離と発注量の乖離に連動性がある可能性が示唆された。

この発見については十分に統計的な検証がなされていないことから、今後別の切り口のデータや統計手法を用いて更なる検証を行う必要がある。だが、これが事実であれば、以下の 2 点が新たな知見として得られたことになる。

1 つ目は、この循環が備船料水準そのものではなく、需給バランスから決まる備船料からの乖離、という形で得られたことである。従来の理論では備船料の変動が新造船発注量の変動によって生じるものとされていたため、これは新たな知見である。

そして 2 つ目は、±25%程度という乖離の変動幅は、確かに存在し小さい水準ではないものの、実務家の間で認知されている SHIPPING サイクル中の備船料と需給比率の関係変化はこの循環変動よりも大きいことである。このような関係変化についての分析は次章で詳細に行われることになる。

第7章：備船料と需給比率の関係変化のマルコフ転換モデルによる検出

7. 1. 本章の概要

第6章では実備船料と理論備船料の乖離の循環変動について分析を行なったが、判定された変動は実務家の間で SHIPPING サイクルについて知られている知識と完全に整合するものでは無かった。具体的には、検出された乖離の変動周期自体は SHIPPING サイクルとほぼ一致しているものの、知られている SHIPPING サイクルには検出されたものよりも大きな変動幅を持つものが存在するのである。本章では、第4章で述べた3つの変動のうち「モデルの変化による変動」を分析の対象とする。

本章では需給比率と備船料の関係変化をマルコフ転換モデルで判定し、その変化のタイミングを実務家の間で知られている SHIPPING サイクルと比較することを試みた。マルコフ転換モデルは観測不可能な変数によって状態の切り替わりが発生する時系列データの分析に利用されるモデルであり、景気循環をはじめとする経済・ファイナンスの分野で広く利用されている。本章では、これまでの章で用いてきた備船料を需給比率の単回帰として導出するモデルを前提とし、モデルの変化のタイミングと変化したモデルごとのパラメータ(回帰係数、切片)の判定にマルコフ転換モデルを適用した。なお、本章ではマルコフ転換モデルを適用する時系列データの範囲全体を「期間」、期間の中でマルコフ転換モデルによって分割された対象を「状態」と呼ぶ。

また、本章では分析の対象とする期間として、需給比率と備船料の関係に対する擾乱要因が存在しない期間とする期間の2つの期間を選び、その結果を比較することにした。この作業の目的はマルコフ転換モデルによる期間分割の判定がどのような場合に SHIPPING サイクルの判定に有効であるかを確認することである。擾乱要因が存在しない期間を期間1とし、2013年～2020年の96か月である。擾乱要因が存在する期間を期間2とし、2001年～2008年の96か月である。期間2は海運バブル期を含み、この時期にはパナマックス備船料では上位船型のケープサイズ備船料の上昇に連動する形での上昇が発生していたという擾乱要因が存在する。

分析の結果は以下の通りであった。

期間1については、得られた状態は「状態1：2016年7月～2020年5月(47か月)」「状態2：2013年11月～2016年6月(32か月)」「状態3：2013年1月～10月、2020年6月～12月(17か月)」の3つであった。状態が細かな期間に分かれて入り混じることなく分割され、また状態1と状態2は実務家が理解する SHIPPING サイクルの切り替わりにほぼ一致していた。モデルの決定係数は状態1で0.87、状態2で0.95と高い値が得られた。モデル

の回帰係数 α は状態 1 で 0.27、状態 2 で 0.14 となっており、需給比率に対しての感応度が大きく変動していることが示された。

一方、期間 2 については、得られた状態は「状態 1 : 2004 年 3 月~2005 年 10 月、2007 年 2 月~2008 年 12 月(43 か月)」「状態 2 : 2001 年 01 月~2004 年 2 月、2005 年 11 月~2007 年 01 月(53 か月)」の 2 つであった。期間 1 と同様に状態が細かく分かれることはなかったが、状態の切り替わりのタイミングは実務家が理解する SHIPPING サイクルの切り替わりに一致せず、備船料が高い時期と低い時期で状態が分割されていた。モデルの決定係数は状態 1 で 0.29、状態 2 で 0.60 と期間 1 と比べて大幅に低く、また状態 1 ではモデルの回帰係数 α が -0.16 と逆相関になっており需給以外の要因で備船料が変動していることを示唆する。

本章の研究の意義は以下の通りである。

1 つ目は、マルコフ転換モデルは備船料と需給比率の単回帰モデルが変化する不連続な変化を検出するために有益であった。状態の切り替わりのタイミングでも複数の状態が入り混じる部分がなくスムーズな分割であった。

2 つ目は、抽出された状態は必ずしも実務家が理解する SHIPPING サイクルとは一致しなかった。関係に対する擾乱要因が存在しない期間 1 では実務者が理解する SHIPPING サイクルに近い状態への分割結果が得られたが、ケープサイズ備船料の高騰が擾乱要因として存在していた期間 2 では備船料の高低で状態分割が行われた。

この 2 点から判断できることは以下のようなものである。第一に、備船料と需給比率の関係モデルの不連続な変化が存在すること。第二に、その変化の検出にマルコフ転換モデルの利用が有益であること。第三に、SHIPPING サイクルはモデルの変化を引き起こす原因の一つであるが擾乱要因もモデルの変化を引き起こすことがあり、マルコフ転換モデルを用いてモデルの変化を検出する場合には擾乱要因によって SHIPPING サイクルが覆い隠される可能性がある、ということである。

なお、本章は 2022 年に IAME 2022 Busan 大会で発表した査読付き報告「Determining Shipping Cycle by Supply/Demand Ratio and Markov Regime Switching」の内容をベースにしている (Hayashi, 2022b)

7. 2. 本章に関連する先行研究調査

先行研究調査のうち、「SHIPPING サイクル」「需給要因を元にした運賃・備船料の決定」に

については第 3 章で紹介済みであるため、本章ではマルコフ転換モデルの海運関連分野での利用について記載する。

マルコフ転換モデルは離散的な状態転換モデルの一つであり、複数のモデルが離散的に存在し(モデルのパラメータが連続的に変化するのではなく離散値を取る)、モデルの転換が観測可能な変数ではなく観測不可能な変数によって生じる、というものである。

マルコフ転換モデルでは状態を数値(M 個の状態が存在する場合には 1,2,⋯,M)で表現し、時点 t でどの状態になっているかを S_t で表す。前章までで述べてきた備船料が需給比率の単回帰で表現されるモデルで、3つの状態がそれぞれ異なるパラメータを持つ場合には以下のように表記される。

$$\begin{cases} \hat{Y}_t = \hat{\alpha}_1 X_t + \hat{\beta}_1, S_t=1 \\ \hat{Y}_t = \hat{\alpha}_2 X_t + \hat{\beta}_2, S_t=2 \\ \hat{Y}_t = \hat{\alpha}_3 X_t + \hat{\beta}_3, S_t=3 \end{cases}$$

マルコフ転換モデルでは状態 S_t が従う確率過程としてマルコフ連鎖、すなわち今期の状態が前期の状態と推移確率のみによって定まる過程を用いる。推移確率 p は前期の状態 i と今期の状態 j の組み合わせであるため p_{ij} の 2×2 の行列である推移確率行列 \mathbf{P} で表現できる。上記のように状態が3つの場合の推移確率行列 \mathbf{P} は以下ようになる。ここで行列成分 (j,i) に状態 i から j への推移確率 p_{ij} が入る。

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{21} & p_{31} \\ p_{12} & p_{22} & p_{32} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}$$

マルコフ転換モデルは Hamilton(1989)が景気の変動による状態の変化を説明するために経済学の分野に導入した。その後の主な応用分野の一つに金融商品やコモディティのヘッジがあり、それら分野での先行研究として FTSE 100 や S&P 500 指標に対するヘッジの有効性に関する研究として Alizadeh and Nomikos(2004)が、トウモロコシやニッケル鉱石を対象とした研究として Lee and Yoder(2007)がある。

備船料もコモディティの一種として取り扱われているため、海運分野でのマルコフ転換モデルの利用はこの用途から始まった。具体的には、備船料のボラタリティが期間によって変化することをマルコフ転換モデルで検出し、それをヘッジ戦略に適応することでヘッジの価値を上げるという用途である。備船料分析でマルコフ転換モデルが初めて用いられたのは Kavussanos and Alizadeh (2002)である。この研究ではタンカー備船料の季節性による変

動がレジームによって変化するという構造を想定し、マルコフ転換モデルを季節性に統合したモデルを用いて 1978 年 1 月から 1996 年 12 月までのタンカー各船型の分析を行った。また、Alizadeh et. al.(2015)は、マルコフ転換モデルを GARCH に統合したモデルを用いて 2005 年から 2013 年にかけてのタンカー運賃の先物を用いたヘッジの有効性が改善するかどうかを判定した。

7. 3. データおよび分析手法

備船料と需給比率の関係変化をマルコフ転換モデルによって検出し、それを SHIPPING サイクルと比較する手順は以下のようになる。

- ・ 以前の章の研究と同様、分析対象とする期間の備船料と需給比率との関係を単回帰で表現できることを前提とする。
- ・ 分析期間の時系列に対しマルコフ転換モデルを適用し、期間の複数の状態への分割と、それぞれの状態での単回帰のパラメータ(回帰係数 α 、切片 β)の推定を行う。
- ・ 分割された状態を実務家の間で理解されている SHIPPING サイクルを比較する。

本研究が対象とする船型は他の章と同様にパナマックスである。また、需要と供給の値の算出の仕方も第 5 章で用いたものを採用している。

対象期間の長さは 8 年(96 か月)とする。第 3 章などで述べた通り、SHIPPING サイクルの周期は 3~4 年と考えられており、8 年を取れば概ね 2 つの SHIPPING サイクルの開始と終了を検出することができるためである。

また、マルコフ転換モデルの判定能力を評価するために。備船料と需給比率の関係に対する擾乱要因が存在する期間と存在しない期間の 2 つの期間を分析対象とし、それぞれのマルコフ転換モデルの適用結果を対比させる。

この方針を元に対象期間として選んだ 2 つの期間は、2013 年 1 月から 2020 年 12 月(期間 1)と 2001 年 1 月~2008 年 12 月(期間 2)である。期間①は運賃が低位安定し、また需給比率と備船料の関係に大きな外的擾乱要因が存在しない期間であった。期間②については、海運バブル期間中であり、ケープサイズの備船料の高騰がパナマックスなど他の船型に影響を与えていた。具体的には、ケープサイズ備船料が極端に高騰した時にはパナマックス備船料が連れ高になる状況が発生していた。

マルコフ転換モデルの統計的推測、すなわち各状態のパラメータ(本章のモデルでは状態ごとの回帰係数 α 、切片 β)、推移確率行列、および時点 t において各状態を取っている確率

(平滑化確率)を推定するためには一般的に最尤法が用いられる。だが、マルコフ転換モデルのように観測不可能な潜在変数が存在する場合には最尤推定法を用いることが困難であるため、異なる手法を用いることが必要になる。このような用途で具体的に用いられるアルゴリズムには EM アルゴリズム(Expectation-Maximization Algorithm, 期待値最大化法)や MCMC(Markov Chain Monte Carl, マルコフ連鎖モンテカルロ法)アルゴリズムがある。前者の方が簡単に解けるが単純なモデルにしか適用できないという制約がある。今回分析するモデルは単回帰であり状態に変化するのはパラメータ(回帰係数、切片)のみという非常にシンプルなものであるため、EM アルゴリズムを利用することにした。

EM アルゴリズムでは、パラメータの初期値を引数にした尤度関数を定義し(E ステップ)、その尤度関数が最大になるパラメータを求める(M ステップ)という2つのステップを繰り返してパラメータが収束することで推定を行う。その具体的な手順は以下の通りである。なお、下記の手順ではパラメータを Θ 、観測されたデータを X 、 X に付随する潜在変数のデータを Z と表記している。

1. Θ^i の初期値 Θ^0 を設定する。
2. Θ^i を式の一部として用い、任意の Θ から対数尤度関数 $\log \{p(X, Z | \Theta)\}$ の Z に関する条件付き期待値を求める関数 $Q(\Theta, \Theta^i)$ を求める。 $Q(\Theta, \Theta^i)$ の定義は以下の通りである。

$$\sum_Z p(Z|X, \theta^i) \log\{p(X, Z|\theta)\}$$

3. $Q(\Theta, \Theta^i)$ の値を最大にする Θ を求める。
4. Θ が Θ^i に収束していたら手順を終了する。収束していなければ $i=i+1$ 、 $\Theta^{i+1}=\Theta$ として2.と3.のステップを再度実行する。

EM アルゴリズムの計算に具体的に用いたのは R の MSwM パッケージのバージョン 1.5 である (Sanchez-Espigares and Lopez-Moreno, 2021)。

なお、これらマルコフ転換モデルの統計的推測アルゴリズムは状態数が一定の場合にしか利用できない。最適な状態数を求めるため、異なる状態数を指定してそれぞれにモデルの統計的推測を行い、そのベイズ情報量基準(BIC)の値を比較することで、もっとも適切な状態数の判定を行った。

また、複数の状態に分割した期間全体に対するモデルの当てはまりを確認するため、残差および残差平方和の自己相関を確認することに加え、Q-Q プロットという手法を利用する。Q-Q プロットは二次元グラフで、横軸にモデルから算出した予測値、縦軸に実測値を取る平面上に値をプロットしていくもので、結果が直線に近ければモデルが実測値に良く当て

はまっていることを意味し、結果の線に歪みがあれば予測値と実績値の間にモデルが表現できていない関係性が存在することを意味する。Q-Q プロットの描画についても前出の MSwM パッケージを利用した。

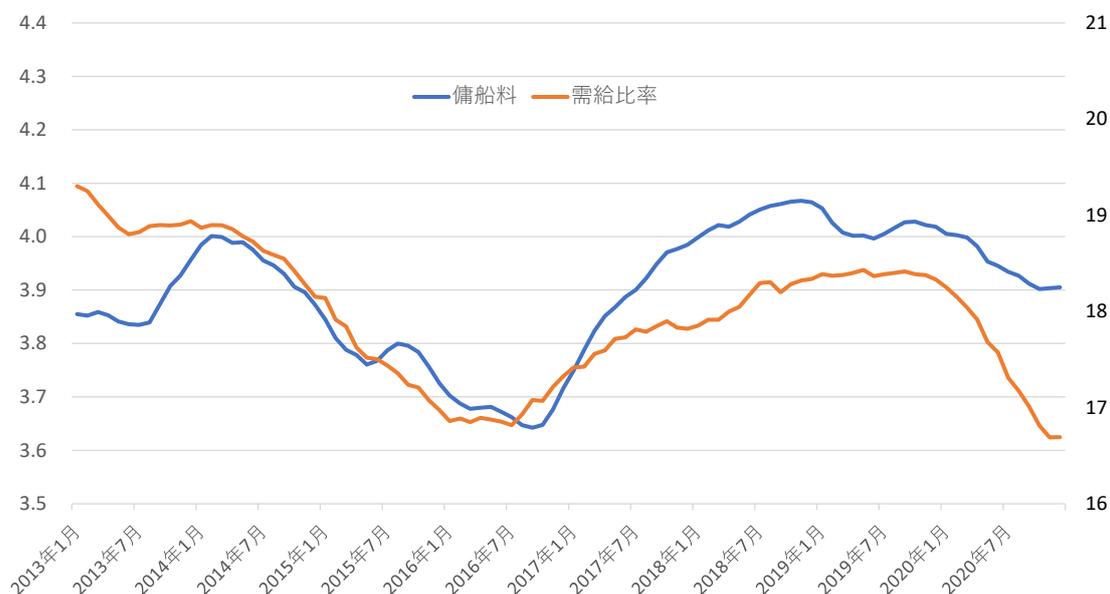
7. 4. 分析結果

マルコフ転換モデルに基づく状態分割を行う前に対象期間全体の統計量の確認を行う。期間 1 の備船料と需給比率の基本的な統計量は図表 7-01 のようなものであった。

| | 備船料 | 需給比率 |
|------|------|-------|
| 件数 | 96 | 96 |
| 平均値 | 3.89 | 17.97 |
| 最大値 | 4.07 | 19.30 |
| 最小値 | 3.64 | 16.69 |
| 標準偏差 | 0.12 | 0.69 |

図表 7-01：期間 1 の備船料と需給比率の基本的統計量

また、備船料と需給比率の期間 1 中の推移を並べたグラフは図表 7-02 の通りである。



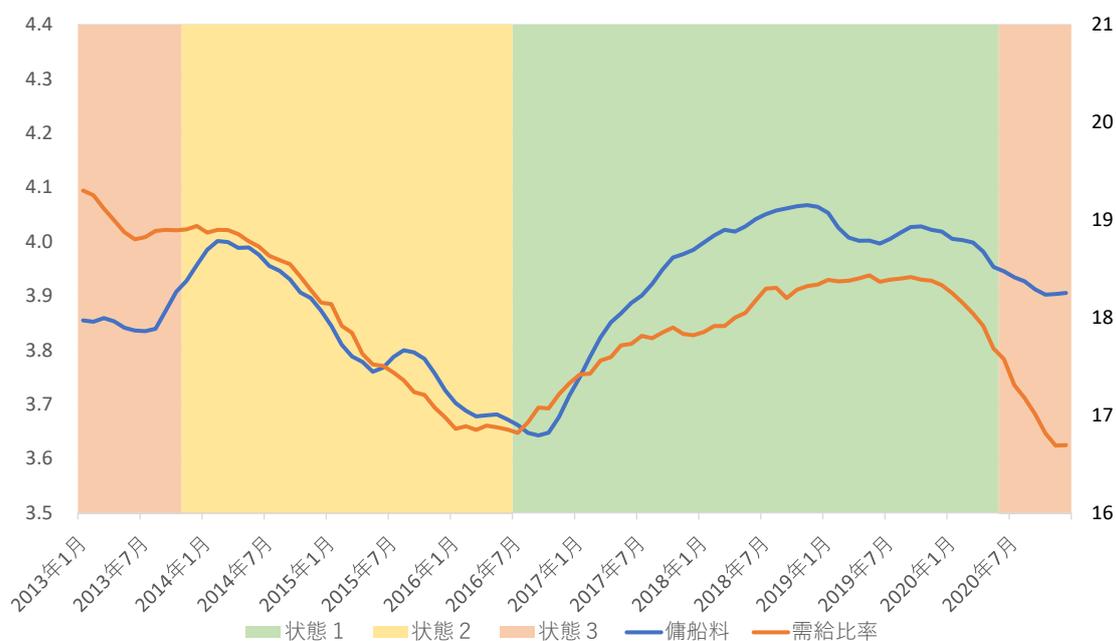
図表 7-02：備船料と需給比率の期間 1 中の推移

状態の数を変えてマルコフ転換モデルを適用した結果の BIC の値、そして状態ごとの決定係数の値は図表 7-03 の通りである。BIC の値が最も低くなるのは状態数が 3 つの時であったため、状態数が 3 の場合を期間 1 の分割結果として採用する。

| 状態数 | BIC | 決定係数 | | | |
|-----|---------|------|------|------|------|
| | | 状態1 | 状態2 | 状態3 | 状態4 |
| 1 | -160.61 | 0.34 | | | |
| 2 | -253.25 | 0.00 | 0.90 | | |
| 3 | -271.09 | 0.87 | 0.95 | 0.56 | |
| 4 | -271.07 | 0.75 | 0.97 | 0.93 | 0.99 |

図表 7-03：状態数ごとの BIC と状態ごとの決定係数

図表 7-02 のグラフを分割結果(各時点で最も平滑化確率が高い状態に基づく)で色分けしたものが図表 7-04 となる。また、得られた状態とその統計量は図表 7-05 の通りである。得られた状態は、「状態 1：2016 年 7 月～2020 年 5 月(47 か月)」「状態 2：2013 年 11 月～2016 年 6 月(32 か月)」「状態 3：2013 年 1 月～10 月、2016 年 6 月～12 月(17 か月)」の 3 つであった。



図表 7-04：期間 1 のマルコフ転換モデルによる分割結果。

| 状態 | 開始月～終了月 | 回帰係数 α | 切片 β | 決定係数 |
|----|---------------------------------------|---------------|------------|------|
| 1 | 2016年7月～2020年5月 | 0.27 | -0.84 | 0.87 |
| 2 | 2013年11月～2016年6月 | 0.14 | 1.33 | 0.95 |
| 3 | 2013年1月～2013年10月、 2020年6月～2020年12月 | 0.03 | 4.39 | 0.55 |

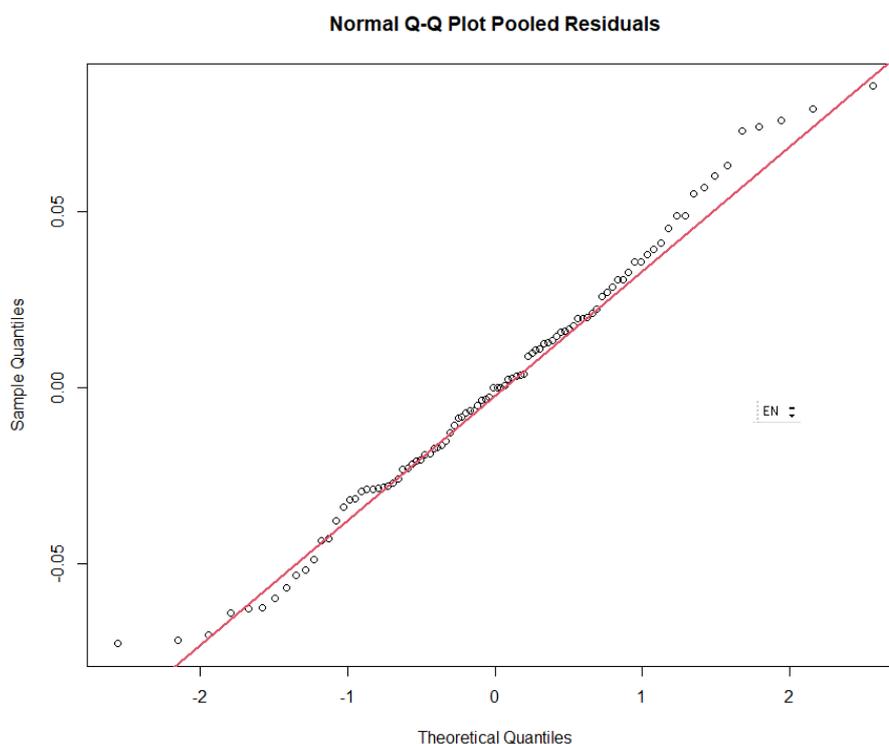
図表 7-05：期間 1 の各状態の統計量

分割結果は状態が細かな期間に分かれて入り混じることなく分割され、また状態1と状態2は実務家が理解する SHIPPING サイクルにほぼ一致していた。状態1と状態2の決定係数はそれぞれ0.87と0.95と高く、当てはまりが良いことを示している。

また、回帰係数は状態1の0.27に対し状態2では0.14と大きな違いを示しており、これは状態1において備船料が需給比率に対してより敏感に反応することを示す。これを受け、状態1に含まれる2017年末から2018年末にかけて、状態2の単回帰パラメータを用いて導出した理論備船料と実備船料との差はおおむね0.17前後となり、これを真数に戻すと実備船料が状態2基準の理論備船料の5割増しになっていたことを意味する。第6章で見た循環変動がピーク時に25%増しであったことに比べるとはるかに大きく、実務家が感じる SHIPPING サイクルの影響の印象にも合致している。

なお、状態3では決定係数が0.55と低い。また回帰係数が0.03とほぼゼロになっている。これらは状態3が期間の最初と最後を共に含んでおり、本来は別々の SHIPPING サイクルに含まれる部分と同じ状態に入ってしまったことにより適切なパラメータが推定されなかったからだと考えられる。

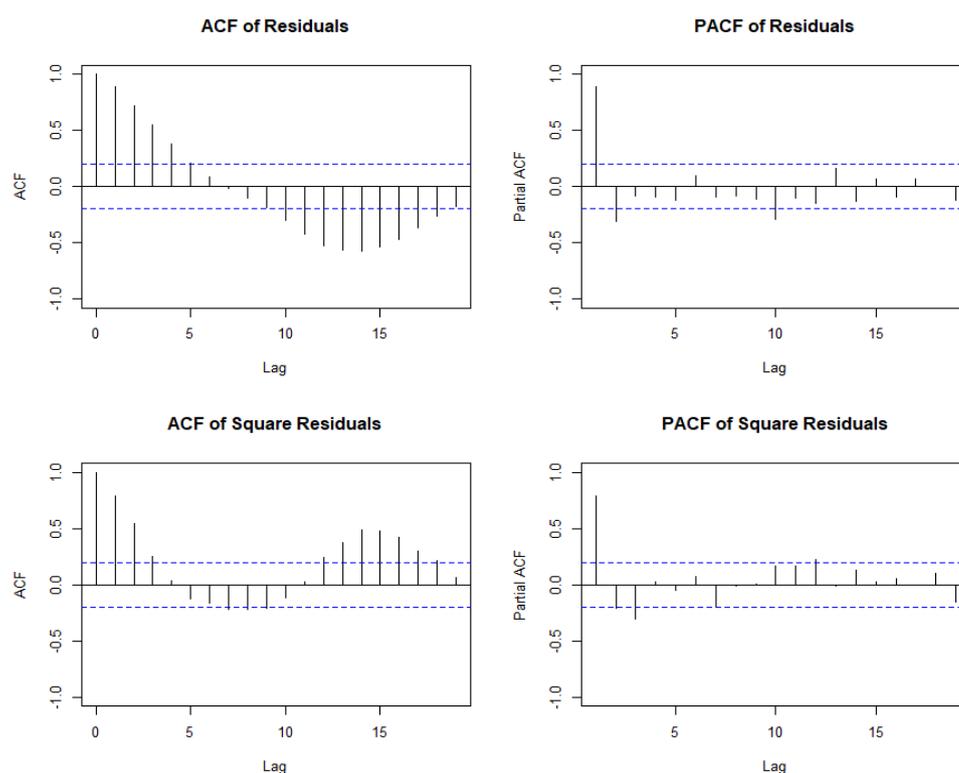
続いて、モデルで表現できていない実績値と予測値の関係性を確認するために Q-Q プロットを確認する。期間1全体の残差を Q-Q プロットで表示したものが図表7-06である。



図表7-06：期間1の Q-Q プロット

このグラフから見て取れる範囲では極端な偏りが出ていない部分は無く、おおむね直線状に分布していることが分かる。

また、期間1全体の残差および残差平方和の自己相関の結果は図表 7-07 の左上列(ACF)のコレログラムの通りである。6章で見たような循環的な自己相関が見て取れ、これは6章で見た循環的な乖離の変動と本章で分析したモデルの変化による変動が独立して存在していることを示している。



図表 7-07：期間1の自己相関

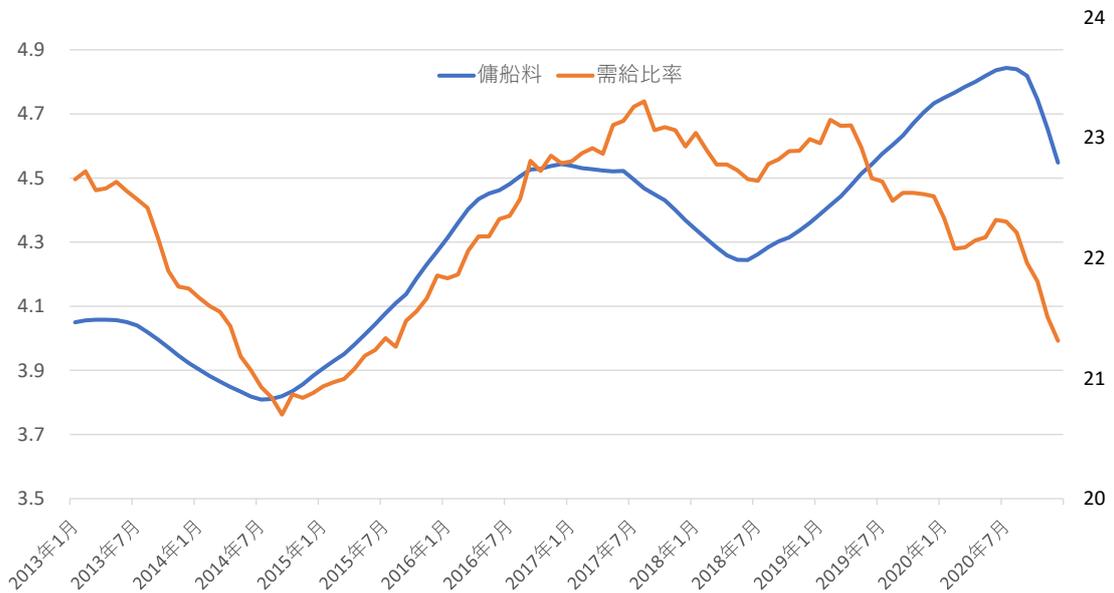
続いては期間2の分析になる。

期間2の備船料と需給比率の基本的な統計量は図表 7-08 のようなものであった。

| | 備船料 | 需給比率 |
|------|------|-------|
| 件数 | 96 | 96 |
| 平均値 | 4.31 | 22.22 |
| 最大値 | 4.84 | 23.31 |
| 最小値 | 3.80 | 20.70 |
| 標準偏差 | 0.30 | 0.71 |

図表 7-08：期間2の備船料と需給比率の基本的統計量

また、備船料と需給比率の期間2中の推移を並べたグラフは図表 7-08 の通りである。



図表 7-08：備船料と需給比率の期間2中の推移

状態の数を変えてマルコフ転換モデルを適用した結果の BIC の値、そして状態ごとの決定係数の値は図表 7-09 の通りである。BIC の値が最も低くなるのは状態数が2つの時であったため、状態数が2の場合を期間2の分割結果として採用する。

| 状態数 | BIC | 決定係数 | | |
|-----|--------|------|------|------|
| | | 状態1 | 状態2 | 状態3 |
| 1 | 19.32 | 0.31 | | |
| 2 | -80.50 | 0.28 | 0.60 | |
| 3 | 99.60 | 0.96 | 0.88 | 0.08 |

図表 7-09：状態数ごとの BIC と状態ごとの決定係数

図表 7-08 のグラフを分割結果で色分けしたものが図表 7-10 となる。また、得られた状態とその統計量は図表 7-11 の通りである。得られた状態は「状態1：2004年3月～2005年10月、2007年2月～2008年12月(43 か月)」「状態2：2001年01月～2004年2月、2005年11月～2007年01月(53 か月)」の2つであった。



図表 7-10：期間 2 のマルコフ転換モデルによる分割結果。

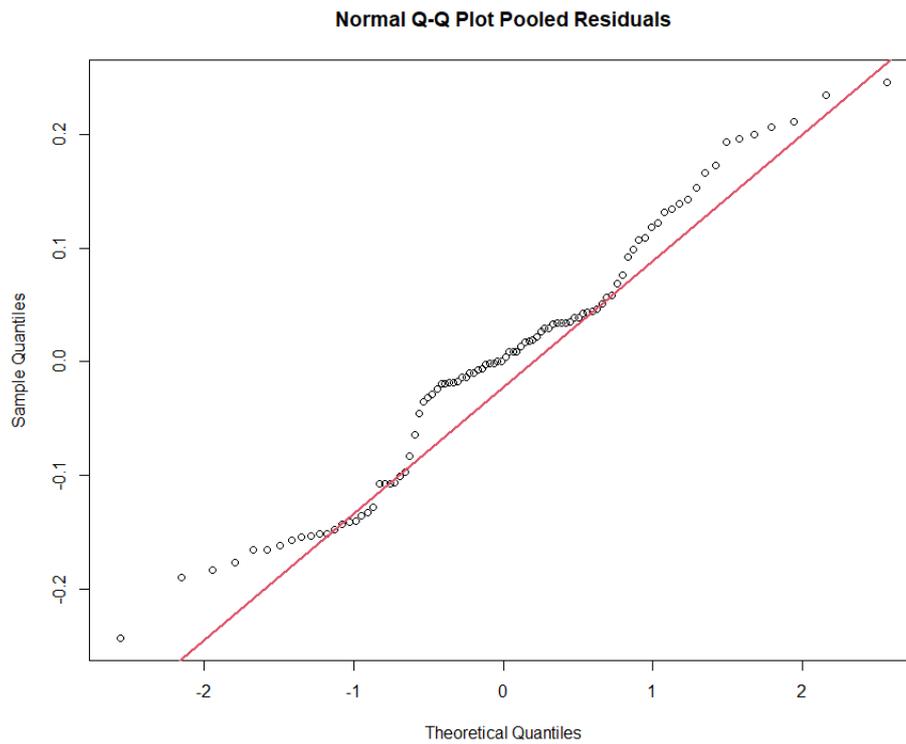
| 状態 | 開始月 - 終了月 | 回帰係数 α | 切片 β | 決定係数 |
|----|---------------------------------------|---------------|------------|------|
| 1 | 2004年3月～2005年10月、 2007年2月～2008年12月 | -0.16 | 8.21 | 0.29 |
| 2 | 2001年1月～2004年2月、 2005年11月～2007年1月 | 0.19 | -0.15 | 0.60 |

図表 7-11：期間 2 の各状態の統計量

この分割の評価であるが、状態が細かな期間に分かれて入り混じることはなかったが、得られた状態は実務家が理解する SHIPPING サイクルの切り替わりに一致せず、備船料が 4.4 (おおむね真数で 25,000 ドル/日) よりも高い時期(状態 1) と低い時期(状態 2) という基準で分割が行われたように見える。また、モデルの決定係数は状態 1 で 0.29、状態 2 で 0.60 と期間 1 の状態 1・状態 2 と比べて大幅に低い。

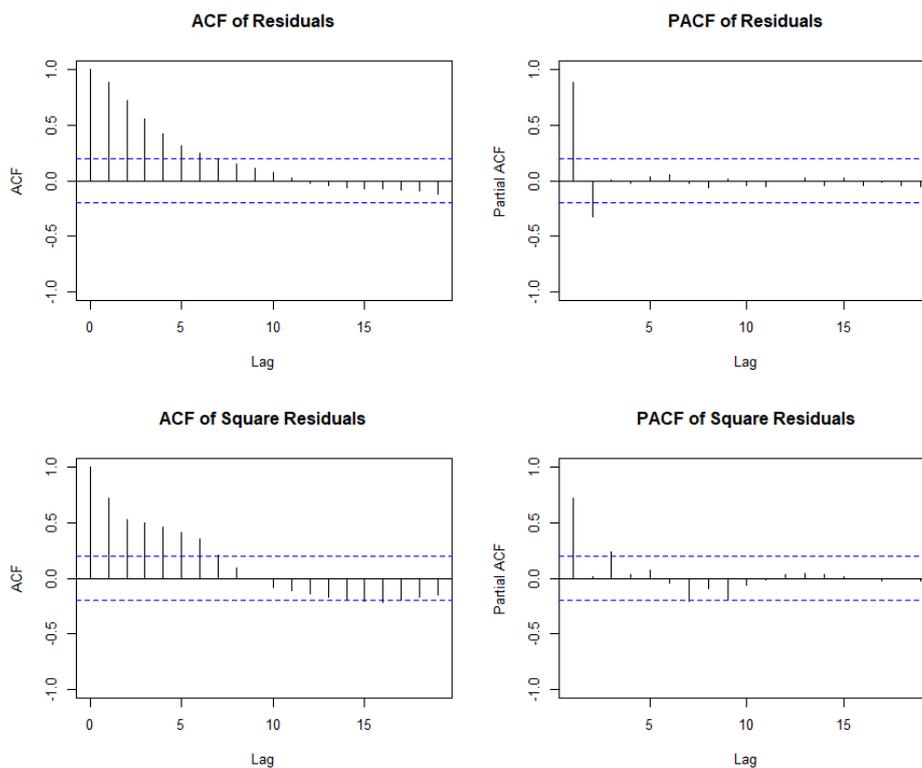
モデルの回帰係数 α は状態 1 で -0.16 と逆相関になり、備船料が高い時期には需給以外の要因で変動していることを示唆する。状態 2 の回帰係数は正の値になっているが決定係数は 0.6 弱と期間 1 と比べると高くない。

期間 2 全体の残差を Q-Q プロットで表示したものが図表 7-12 である。Q-Q プロット結果は大きく波打っており、残差がホワイトノイズになっておらず全体としてモデルが適正なものになっていないことが読み取れる。



図表 7-12：期間 2 の Q-Q プロット

期間 2 全体の残差および残差平方和の自己相関の結果は図表 7-13 の通りである。



図表 7-13：期間 2 の自己相関

自己相関は徐々に縮小していくが、ゼロになった後のマイナスの逆相関の発生は期間1ほど自明ではない。

7. 5. 分析結果の考察

今回分析対象とした2つの期間の両方で、需給比率と備船料との単回帰モデルのパラメータの変化を、マルコフ転換モデルによる分割で判定することができた、分割によって得られた状態はいずれも変化前後のタイミングで状態が入り混じることは無く、またその長さは SHIPPING サイクルの抽出という観点で適切なものだった。

また、期間1については、状態1において12か月連続で実備船料が状態2基準の理論備船料の5割増しになっていたなど、長さや大きさに関して第6章で見た循環変動よりも影響力が強く、実務家が感じる SHIPPING サイクルの影響の印象にも合致している。

一方、分割された状態が実際の SHIPPING サイクルとどれだけ一致しているかについては、期間1と期間2は異なっていた。期間1では実務家が SHIPPING サイクルとして認識するものとほぼ一致する状態が抽出され、それぞれの状態では高い決定係数が得られた。また期間全体の Q-Q プロットからも残差がほぼホワイトノイズになっていることが読み取れ、分割によるモデルが適切なものであることを裏付けた。これに対し、期間2では実務家の認識する SHIPPING サイクルではなく備船料の高騰期と低迷期で状態が分割されていた。これは上位船型のケープサイズの備船料高騰に引きずられる形でパナマックスの備船料が高騰していた時期とそうでない時期に重なり、備船料の高騰期で回帰係数がマイナスになっていることもこの点を裏付ける。また、期間2の Q-Q プロットからは、期間2では期間1より残差の歪みが強く出ておりホワイトノイズにもなっていないことが読み取れる。これは期間2の状態分割が適切に行われなかったことを意味している。

7. 6. 本章の結論とさらなる考察

本章の研究の意義は以下の通りである。

まず、本研究では備船料と需給比率の関係モデルが変化するタイプの周期変動に着目し、マルコフ転換モデルを用いることでモデル変化の発生タイミングとモデルのパラメータ(回帰係数、切片)の判定が行えることを示すことができた。第3章で述べた通りこのタイプの変動は実務家の間では経験的に知られていたが、それを統計手法によって判定できたことは大きな成果である。

一方、検出される関係変化は SHIPPING サイクルに一致するという想定については、擾乱要因が存在している場合には成立しないという結果となった。このことからマルコフ転換モデルの結果を SHIPPING サイクルに単純に当てはめることができないことが分かる。但し、期間 2 については回帰係数、決定係数、Q-Q プロットなど複数の観点で期間 1 よりモデルが不自然であることが検出できており、このような要素を用いてマルコフ転換モデルの分割結果を SHIPPING サイクルと考えて良いかについて統計的に判定できる可能性がある。

この結果を踏まえた今後の研究としては、パラメータの変化が起こる原因の解明が挙げられる。先述の通りマルコフ転換モデルは状態変化を引き起こす変数が不可視のまま取り扱えるモデルであるが、実務上はこの変数を見つけ出すことが望ましい。だが、先述のように実務者の間にも SHIPPING サイクルを引き起こす要因について有力な仮説が存在するわけではない。原因究明の前段階として、マルコフ転換モデルによって統計的に SHIPPING サイクルを検出することを積み重ねていき、そうやって抽出された SHIPPING サイクルを様々な変数と対比させていく、というアプローチが取りうるだろう。

また、需給比率と備船料の関係モデルの切り替わりをより早いタイミングで検出するための手法の開発、実務的な価値が高く取り組まれるべきである。

第 8 章：需要指標に契約－船積間隔を用いた単調減衰変動の分析

8. 1. 本章の概要

これまでの章で行った備船料の分析では需要と供給のバランスを示す比率として需給比率（荷動き量を船腹量で割ったもの）を用いてきた。だが、マーケット参加者が入手できる情報は船積み量と船腹量だけではない。それと同様に、場合によってはそれ以上に影響を与える指標として第 1 章で述べた Fixture(成約情報)が存在する。本章では Fixture がどのように備船料に対して影響を与えるかの分析を行う。

なお、Fixture は名前の通り輸送契約が成立したことを示す情報であり、厳密には需要を示す引き合いの情報そのものではない。だが第 3 章で述べた通り、ドライバルク備船マーケットにおいて需要曲線は垂直に近く、基本的には荷主は備船料が高いことで輸送を諦めることはない。このため本章では成約情報を引き合い情報と同一のものと仮定して分析を進めていく。

Fixture が備船料に影響を与える経路として具体的に想定されるものは以下のようなものである。バルチック指標では第 1 章で述べた通り指標算出日に対する船積み日が特定の日数ではなく範囲で指定されているため、両者の間隔がマーケットの状況に応じて変動する可能性がある。この変動には 2 つの解釈がありうる。一つの解釈は船積み量が実際に増加したため通常の契約タイミングの空き船だけでは不足し、通常より未来のタイミングの空き船と契約しなければならなくなった、というもの。もう一つの解釈は、船積み量は実際には増加していないものの備船料が今後上昇するという期待が生じ、未来の値上がりを避けようとする荷主が通常より早いタイミングで契約を行った、というもの。前者は実務家の間で一般的な理解であり、後者は第 3 章で紹介した Zannetos(1966)の理論に基づく海運経済学での古典的な理解である。この 2 つの解釈は「成約日と船積日の間隔が長くなることと備船料が高騰することとが関連している」という点で共通しているが、前者は荷動きの増加という共通原因から間隔の拡大と備船料高騰が導かれているのに対し、後者は荷動きとは無関係に備船料高騰の期待が間隔の拡大を引き起こしている。

本章では、これら 2 つの理解のどちらが正しいか検証するため、ここまでの章と同様にパナマックス備船市場を対象とし、指標算出日と船積み日との間隔、船積み量、備船料の 3 者の関係を分析した。分析の手法としては本研究のこれまでの章で利用した回帰分析や共和分検定に加えグレンジャー因果性とインパルス応答関数という 2 つの手法を適用した。これら 2 つの手法は、あるショックを受けて生じた変動がその後どのように影響を及ぼし続けるかの分析に適しており、発生後減衰していく乖離の分析に適していると考えたためである。

また、対象期間としてマーケットに対して外部擾乱要因が存在しない時期と存在した時期(具体的には新型コロナウイルス感染拡大による滞船の発生など)の 2 つの時期を設定し、これらの時期で関係が変動するかどうかを確認した。

分析の結果、契約日と船積み日の間隔と船積み量の間には 3 つのいずれの手法でも関連性が見られなかった。また、傭船料とこれら 2 つの指標については、回帰分析では関連性を検出できないこと、グレンジャー因果性とインパルス応答関数では契約日と船積み日の間隔からの影響を検出できること、だが契約日と船積み日の間隔が外部擾乱要因による擾乱を受けている時期ではこれらの関連性が失われていることを確認できた。

なお、本章は 2021 年に「海運経済研究」誌に掲載した査読論文「ドライバルク傭船市況と傭船契約/船積み日間隔の関係に関する考察」の内容をベースにしている(林, 2021)

8. 2. 本章に関連する先行文献調査

契約日と船積み日の間隔と市況との関係は学術界でも古くから知られていた。本件を最初に論じたのは先述の通り Zannetos(1966)である。Zannetos の主張は自己実現的予言の異時点間実現(intertemporal substitution)に関するもので、具体的には「傭船料が今後上昇するという期待がマーケットに生じると、荷主は傭船料上昇を避けるためなるべく早く契約しようとし、一方で早く契約しようとする船主は減少する。これにより足元の需要が増加、供給が減少することで実際に傭船料が上昇し、これは実際の需給バランスの変化による傭船料変動と無関係に働くメカニズムである」というものである。Zannetos はこのメカニズムを需給バランスが一定であるにも関わらず傭船料市況が大きく変動する理由の一つであるとした。

この Zannetos の主張は理論的な仮説を提示したものであり、実際のデータに基づいて検証を行ったものではなかった。この Zannetos の仮説を実際のデータで検証したのが Alizadeh and Talley である。Alizadeh and Talley(2011a)は 2006 年から 2009 年にかけての原油タンカーのスポット傭船市場を、Alizadeh and Talley(2011b)は 2003 年から 2009 年にかけてのドライバルク貨物船のスポット傭船市場をそれぞれ対象とし、重回帰分析を用いていずれの市場においても「傭船料の高騰期には契約日と船積み日の間隔が拡大する」という結論を導いた。

別の切り口を用いた研究としては Prochazka, Adland and Wolff(2019)がある。この研究は、2013 年から 2016 年にかけての AIS データを用いた船の位置を用い、分位点回帰を使った分析を行なって、傭船料の高騰期には契約時の船の位置が通常よりも積地から遠くなる、という結果から、傭船料の高騰期には契約日と船積み日の間隔が拡大することを間接的に示

した。

この上記の研究、特に 3 つの実証研究の成果を踏まえ、本研究では下記の 3 点で新たに知見を加えることを目標とした。

1 点目は分析の要素に船積み量を加えることである。上で挙げた 3 つの実証研究は、いずれも船積み量を分析項目として含めていない。これは Zannetos の主張を検証するためには不十分である。Zannetos の主張は「実際に船積み量の変化が生じなくとも、備船料上昇への期待が生じるだけで契約日と船積み日の間隔が拡大し、結果として備船料が上昇する」というものである。一方で、「実際に船積み量の増加が生じ、それによって契約日と船積み日の間隔が拡大し、また備船料も上昇する」という経路も当然想定でき(先述した実務家の理解)、船積み量を分析に加えなければこれらのどちらが当てはまるか判定できない。また、実務上も、備船料との関連で契約日と船積み日の間隔と船積み量が連動して動いているか否かを判定することは、マーケットの分析を行うデータとして何を用いるべきかを判断するために重要である。

2 点目は対象とする市場と期間である。上で挙げた 3 つの実証研究が対象としたマーケット・期間は、いずれも市況が好調な状態にあった。このことは先述の「実際に船積み量の増加が生じ、それによって契約日と船積み日の間隔が拡大し、また備船料も上昇する」という状況が生じていた可能性を示唆する。本研究では、備船料が低位で安定して推移しており、船積み量の影響が他の要素を覆い隠すほど強くないと考えられる市場・期間を対象として分析を行なうことを試みた。

3 点目は分析の手法である。上で挙げた 3 つの実証研究はいずれも回帰分析を手法として用いている。だが、複数の時系列間の相互作用を判定する手法には、回帰分析のほかにグレンジャー因果性やインパルス応答関数なども存在しており、これら手法はある時点でのショックがその後どのような影響を与え続けるかを分析する際に回帰分析とは異なる知見を与えてくれる可能性がある。本研究ではこれらの手法も採用することで、契約日と船積み日の間隔、船積み量と備船料との関係を多面的に分析することを試みた。

8. 3. 利用手法・データ

今回分析の対象とした船型の他の章と同様にパナマックス船型である。但し、今回の研究ではここまでの章で用いてきた主要 4 航路スポット備船料平均ではなく、主要航路 1 つを分析の対象とすることにした。その理由は、第 1 章で示したように主要航路ごとに指標算出日から船積みまでの日数や公開日数が異なるため、指標算出日から船積みまでの日数の変動の影響が航路ごとに異なる可能性があるためである。今回対象とした航路は太平洋航

路 P3A_82(図表 1-18 参照)である。その理由は、P3A 航路がパナマックスの主要標準航路の中で最も Fixture の件数が多いためである。なお、本章では以降「P3A_82 の月間平均」を単に「備船料」と表記する。

Fixture については Clarksons Research 社が海運データベースサービス Shipping Intelligence Network で公開しているデータを利用した。Fixture は備船契約に関与したブローカー(第 1 章参照)が顧客や同業者に個別に発信するものであるが、大手のブローカー、調査会社はそれら Fixture を独自に収集して公開している。その中で Clarksons Research 社のデータベースには、誰でも購読が可能である⁹⁾、データ保持期間が比較的長い、大手でありデータの信頼性が高い、などのメリットがある。

Clarksons Research 社データベースの Fixture のデータ項目は第 1 章で述べた項目とほぼ一致しており、具体的には以下のような項目である。

- ・ 契約データ公開日(Date)
- ・ 契約船の情報(Name/Built/Dwt) / 貨物の情報(品目/トン数)
- ・ 備船者(Charterer) / 貸船者(Owner)
- ・ 備船開始地(Delivery) / 積地(Load) / 揚地(Discharge) / 備船終了地(Redel)
- ・ 船積開始日/終了日(Laycan From/Laycan To)
- ・ 備船料(Rate/Unit)
- ・ 期間備船の場合の期間(Period) ※今回はスポット備船を対象とするため利用せず
- ・ バラストボーナス(Ballast Bonus/Bonus Unit)

本章の分析対象とした期間は本章の基となる研究を介した時点で P3A 備船料指標と Clarksons Research 社の Fixture データが共に存在していた 2017 年 8 月から 2020 年 10 月までである。

なお、Clarksons Research 社に限らず、公開 Fixture データベースでは契約日ではなく契約データ公開日が記載されていることが一般的である。これはブローカーによる備船契約情報の公開は通常は契約時点から遅れて行われるためである。実務家の間ではこの遅れは時期によって変動するとみなされていないこと、また市況に与える影響という観点では公開された日が重要であることから、本章では契約データ公開日から船積開始日までの日数を分析対象として利用することとした。この場合、契約データ公開日が船積開始日より後になる場合があるが、そのようなデータは日数をマイナス表記するのではなくゼロとして処理

⁹⁾ データを公開しているブローカーの一部には備船取引を行う直接の顧客のみを提供先としているところがある。

している。なお、本章では以後「契約データ公開日から船積開始日までの日数」を「契約－船積間隔」と表記する。

上記の通り本研究では P3A_82 航路の主要輸出国からの船積み量も分析対象とした。この航路の貨物のうちスポット備船市場での引き合い発生が多いものは図表 8-01 の通りである。本研究ではこれら貨物の月間船積み量を前出の通関データベース Trade Data Monitor から取得し、その合計値を船積み量として利用した。なお、本章では以後「表 8-01 で挙げた主要貨物の月間船積み量の合計」を「主要国船積み量」と表記する。なお、「P3A_82 航路に投入された船腹量」を評価するデータは存在せず、また分析対象期間が 3 年強と短いため、船腹量はほぼ一定とみなして船積み量を需給データとして用いることとした。

| | |
|----|------------------------|
| 石炭 | オーストラリア、インドネシア、カナダ太平洋岸 |
| 穀物 | アメリカ太平洋岸、オーストラリア |

図表 8-01：パナマックス船型太平洋航路の主要貨物

本章では、契約－船積間隔および主要国船積み量と備船料との関係を分析する手法として、ここまでの章で用いてきた回帰分析(単回帰/重回帰)に加え、グレンジャー因果性、インパルス応答関数を用いる。

回帰分析(単回帰/重回帰)は、「契約－船積間隔が長い、あるいは主要国船積み量が多い期間は備船料が高い期間であると言えるのか」という観点での分析に用いる。

グレンジャー因果性は Granger(1969)によって提唱された概念で、「2つの時系列 x と y において y の将来値を予測する場合、 y の過去値のみから行う予測と x と y の両方の過去値から行う予測とを比較して後者の方が精度が高くなる(平均二乗誤差が小さくなる)高い場合に、 x から y へのグレンジャー因果性が存在するという」というものである。グレンジャー因果性の判定は、まず時系列 y の自己回帰モデル

$$y_t = a_0 + a_1y_{t-1} + a_2y_{t-2} + \dots + a_my_{t-m} + \varepsilon_t$$

を推定し、続いて x の過去値を含めて自己回帰モデルを拡張する。

$$y_t = a_0 + a_1y_{t-1} + a_2y_{t-2} + \dots + a_my_{t-m} + b_1x_{t-1} + \dots + b_mx_{t-m} + \varepsilon_t$$

ここで、ゼロでない b_n の値が平均二乗誤差を有意に小さくするかについて F 検定を用いて判定していき、平均二乗誤差を優位に小さくする b_n が存在しなかった場合、グレンジャー因果性は存在しないことになる。

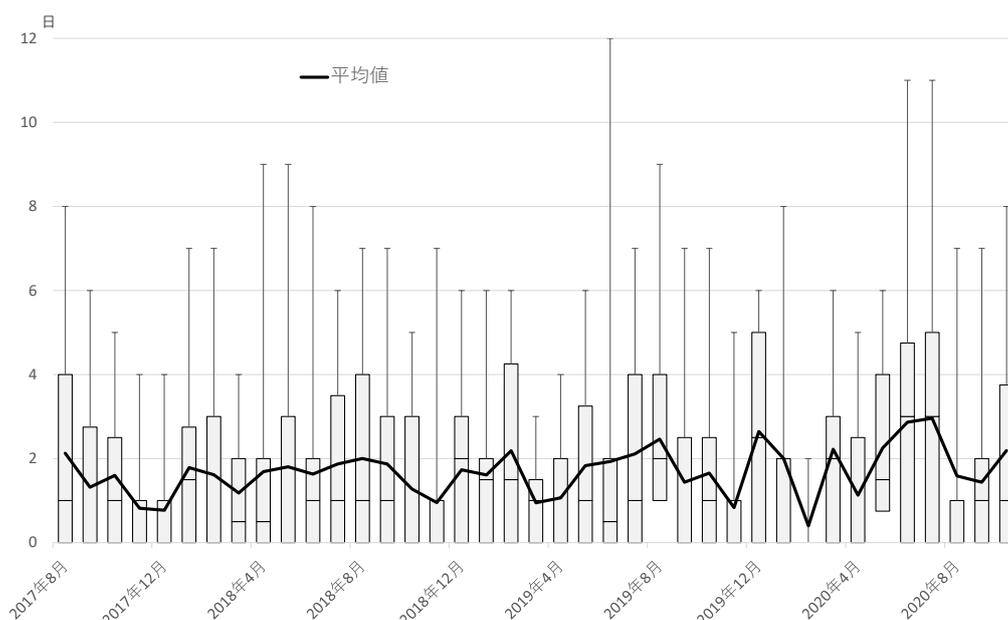
上記の通りグレンジャー因果性は存在するかどうかの定性的な判定に用いるものであり、定量的な解析を行うことができない。ある変数の時系列に対するショックがその他の変数の時系列に与える影響を分析するために用いられる手法としてインパルス応答関数がある。インパルス応答関数はある変数の時系列の攪乱項に 1 単位のショックを与えた場合にそれ以降の時系列にどのような影響が生じるかを計算する。インパルス応答関数は元々は工学分野で利用されていた概念であるが、Lutkepohl and Reimers (1992)らによって計量経済学への導入が行われた。

本章ではグレンジャー因果性は R の causality 関数を、インパルス応答関数は R の irf 関数をそれぞれ用いて推計を行った。causality 関数、irf 関数は共に vars パッケージのバージョン 1.5-6 に含まれるものである (Pfaff and Stigler, 2021)。

8. 4. 分析結果

分析対象期間である 2017 年 8 月から 2020 年 10 月の間に存在したパナマックス船型全体での Fixture 件数は 7,799 件、うち備船開始地/積地/揚地/返船開始地の値から P3A_82 のスポット備船だと判断できるデータ件数は 822 件であった(なお項目の欠落によって判定できない Fixture があるためこの件数がデータベースに含まれる P3A_82 航路の契約の全件数を示すものではない)。

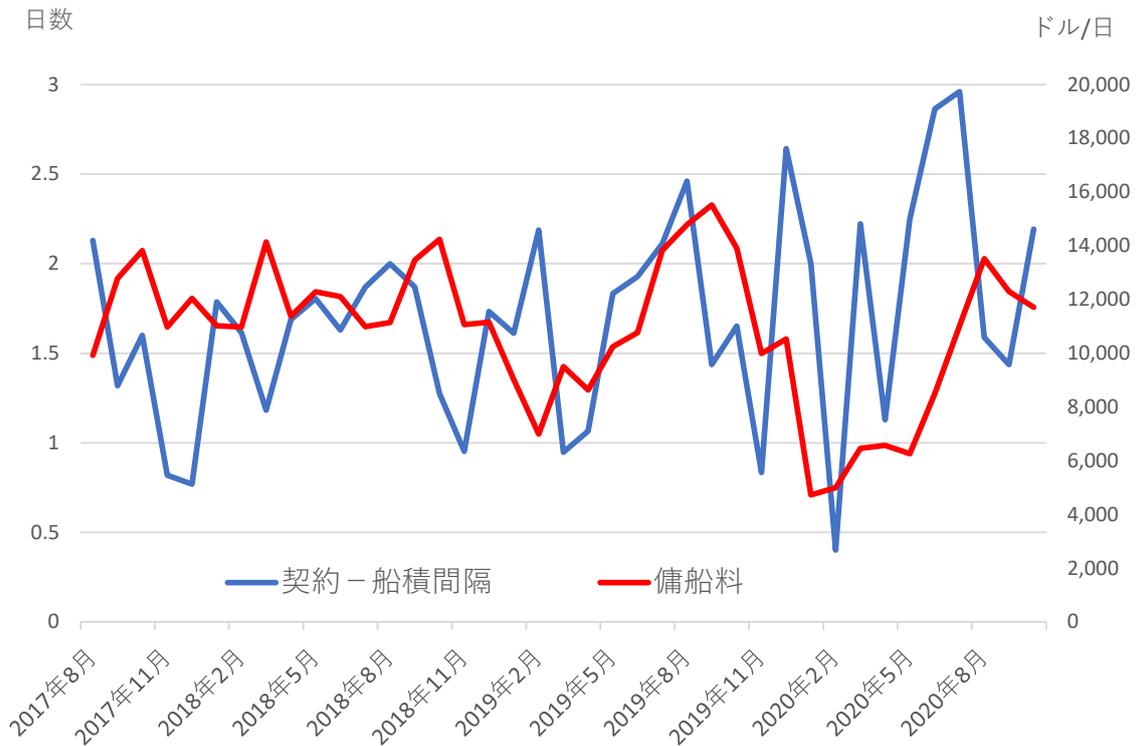
契約—船積間隔の分布状況をビジュアルに確認するため、月次推移を箱ひげ図で図示したものが図表 8-02 になる(各月の平均値を折れ線グラフで示している)。



図表 8-02：契約—船積間隔の月次推移(箱ひげ図)

先述の通り本研究は契約公表日を契約日として扱っている関係上、最小値はほとんどの月でゼロになっている。また最大値には極端に大きな値が多く、これが平均値を押し上げている(中央値よりも平均値を高くしている)様子も見て取れる。

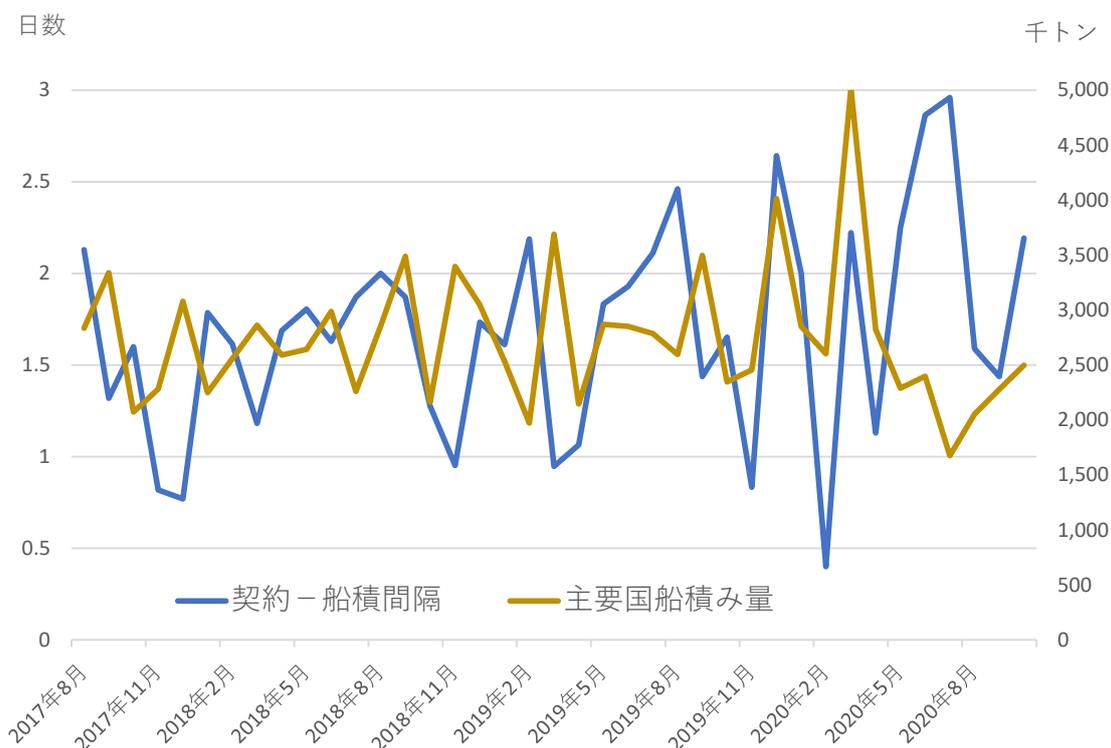
契約－船積間隔と備船料の推移を対比したグラフを図表 8-03 に示す。



図表 8-03：契約－船積間隔と備船料の推移

このグラフから2020年に入りそれまでのトレンドと比べ契約－船積間隔が備船料から大きく上振れしていることが見て取れる。これは新型コロナウイルス感染拡大の影響で寄港地での乗組員検疫などによる長期間の滞船が発生するようになったことが原因である。この契約－船積間隔の変化は備船料や主要国船積み量とは無関係に生じたものであるため、この期間を含める場合と含めない場合では両者の関係が変化する可能性がある。よって、冒頭で述べた通り、本章では新型コロナウイルス感染拡大による変動が生じた2020年を含む期間と含まない期間、具体的には「2017年8月～2020年10月」「2017年8月～2019年12月」についてそれぞれに分析を実施することとした。

また、契約－船積間隔と主要国船積み量を対比したグラフを図表 8-04 に示す。こちらでも2020年に両者の関係性が変化していることが見て取れる。



図表 8-04：契約-船積間隔と主要国船積み量の推移

図表 8-05 に契約-船積間隔、備船料、主要国船積み量それぞれの基本的な統計量を示す。単位根は両期間の備船料のみに存在しているため、備船料と主要国船積み量や契約-船積間隔との間で回帰分析を行なっても見せかけの回帰が発生しないことが確認できた。また、自己相関は両期間の備船料と、2017年8月～2020年2月の主要国船積み量に存在している。

| | | 平均 | 最大 | 最小 | 標準偏差 | 単位根 | 自己相関 |
|------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-----|------|
| 2017年8月～2020年10月 | 備船料 | 10,854 | 15,519 | 4,731 | 2,695 | 有り | 有り |
| | 主要国船積み量 | 2,742 | 5,015 | 1,675 | 628 | 無し | 無し |
| | 契約-船積間隔 | 1.69 | 2.96 | 0.40 | 0.58 | 無し | 無し |
| 2017年8月～2019年12月 | 備船料 | 11,629 | 15,519 | 6,989 | 2,003 | 有り | 有り |
| | 主要国船積み量 | 2,774 | 4,014 | 1,972 | 518 | 無し | 有り |
| | 契約-船積間隔 | 1.61 | 2.64 | 0.77 | 0.49 | 無し | 無し |

図表 8-05：分析対象データの基本的な統計量

ここまでの分析で分析対象データの基本的な性質を把握したため、続いて各種の統計分析手法の適用を行っていく。最初に回帰分析として「2017年8月～2020年10月」「2017年8月～2019年12月」の2つの期間について下記の2種類の分析を行う。

- ① 目的変数が備船料、説明変数が主要国船積み量と契約－船積間隔の重回帰分析
- ② 目的変数が契約－船積間隔、説明変数が主要国船積み量とする単回帰分析

その結果は図表 8-06 の通りである。いずれの分析についても決定係数の値は 0.02 以下と非常に小さな値になっている。各説明変数の t 値はすべての説明変数で有意ではない水準となっている。この結果から、回帰分析ではこれらの指標の間の関係性が検出できなかったと考えられる。なお、②でこれまでの章の分析と異なり主要国船積み量と備船料の間に有意な関係が存在しない理由は、両者の関係を全航路で見ているか特定航路のみで見ているかによるものと考えられる。残差の自己相関は、両方の期間について①では存在し、②では存在しなかった。

| | | 決定係数 | 主要国船積み量 | | 契約－船積み間隔 | | 切片 値 | 残差の 自己相関 |
|----------|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-------------|
| | | | 係数 | t値 | 係数 | t値 | | |
| 2017年8月～ | ① | 0.02 | 0.57 | 0.76 | 55.2 | 0.07 | 9,965 | あり |
| 2019年12月 | ② | 0.00 | 0.00004 | 0.23 | | | 1.50 | なし |
| 2017年8月～ | ① | 0.01 | -0.35 | -0.09 | -71.2 | -0.49 | 11,930 | あり |
| 2020年10月 | ② | 0.00 | -0.00002 | -0.15 | | | 1.75 | なし |

* : 5%水準で有意

図表 8-06 : 回帰分析の結果

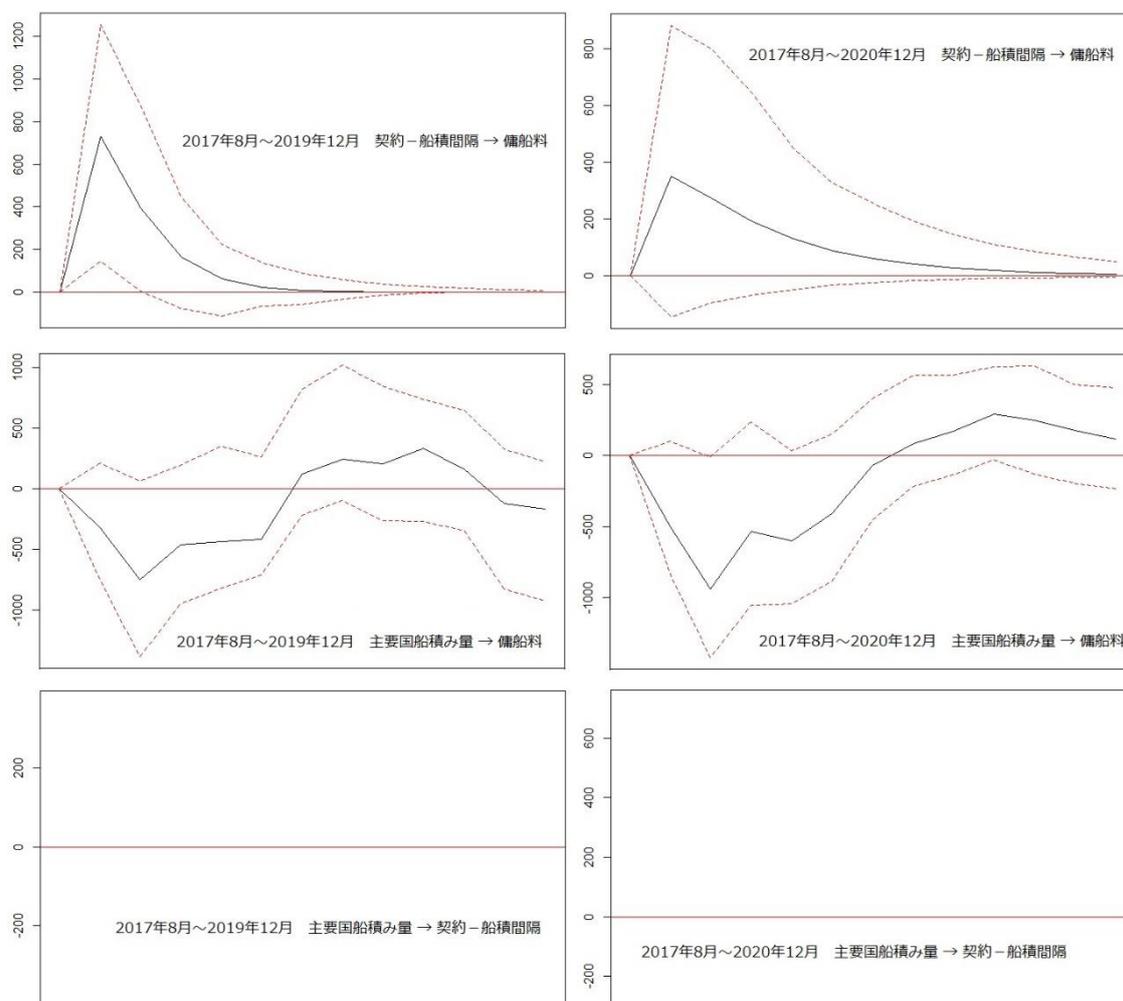
続いて行ったのは三つの統計量の間でのグレンジャー因果性の判定である。その結果は図表 8-07 の通りであった。2017 年 8 月～2019 年 12 月を対象とした「契約－船積間隔→備船料」、および 2017 年 8 月～2020 年 10 月を対象とした「主要国船積み量→備船料」の 2 つの関係で、有意水準 5%で検定結果が有意となった。

| | 対象期間 | | | |
|-----------------|------------------|---|------------------|---|
| | 2017年8月～2019年12月 | | 2017年8月～2020年10月 | |
| グレンジャー因果性の向き | F検定統計量 | | F検定統計量 | |
| 契約－船積間隔→備船料 | 4.54 | * | 1.20 | |
| 契約－船積間隔→備船料 | 1.09 | | 3.27 | * |
| 主要国船積み量→契約－船積間隔 | 0.48 | | 0.14 | |

* : 5%水準で有意

図表 8-07 : グレンジャー因果性の判定結果(F 検定統計量)

また、インパルス応答関数の形状を示すグラフは図表 8-08 の通りである。2 本の赤い点線で挟まれた範囲が 95%信頼区間を示している。



図表 8-08：インパルス応答関数の形状

グラフのうち 2017 年 8 月～2019 年 12 月の「契約－船積間隔→備船料」、2017 年 8 月～2020 年 12 月の「主要国船積み量→備船料」の 2 つが、95%信頼区間の範囲がゼロを含んでいない区間を持ち、5%水準で有意な増減への影響を持つことを示す。このことは先述のグレンジャー因果性の結果と整合する。

また、インパルス応答関数では各時点での影響の大きさも図示されるため、影響が有意と判定された 2 つのケースの違いもグラフから読み取ることができる。2017 年 8 月～2019 年 12 月の「契約－船積間隔→備船料」では 1 か月後に生じた影響がその後減衰してゼロに漸近していくのに対し、2017 年 8 月～2020 年 12 月の「主要国船積み量→備船料」ではゼロに漸近するのではなくゼロを挟んで振幅している。この点を重回帰分析①で残差に自己相関が存在していたことと合わせて考えると、後者で有意なグレンジャー因果性が検出された理由は荷動きの季節性などを反映した周期性が存在することによるのではないかと考えられる。

8. 5. 研究の意義と今後の課題

本章の研究の意義は、従来行われていた契約－船積間隔と備船料の関係分析に新たな要素、具体的には主要国船積み量というデータ、グレンジャー因果性やインパルス応答分析という手法を加えて分析を行ったことである。これにより従来知られていなかった新たな知見を得ることができた。

まず、契約－船積間隔と主要国船積み量との間に、回帰分析、グレンジャー因果性、インパルス応答分析のいずれの手法を用いても関係を発見できないことを確認できた。これは「船積み量が増加したことで契約日と船積み日の間隔拡大と備船料の上昇が共に発生した」という、冒頭で述べた実務家が一般的に理解している経路が、少なくともこの対象期間には存在しないことを意味する。

そして、契約－船積間隔と主要国船積み量の備船料への影響については、回帰分析を用いた分析では影響はいずれについても確認できなかった一方、グレンジャー因果性とインパルス応答関数を用いた分析では影響が確認できた。インパルス応答関数の形状から、契約－船積間隔の拡大による備船料上昇の影響は翌月から急激に減少していくことが見て取れ、これは第5章で述べた短期・不規則な乖離の変動の性質と符合する。つまり、Zannetos が述べた「荷動きの変動から独立した契約－船積間隔の変動が備船料の短期変動の要因である」という主張を支持するものである。

このような結果は、契約－船積間隔は備船料に影響を与えるが、それは短期・不規則な変動であり、本研究のメインテーマである周期的変動とは独立していることを示している。

また、新型コロナウイルス感染拡大の影響によって契約－船積間隔が長くなった時期を含めると契約－船積間隔から備船料への影響が失われることも確認できた。これは契約－船積間隔が長くなることはそれ自身では必ずしも備船料の上昇に繋がらないことを意味する。

第9章：本研究の貢献と限界、今後の課題

本章ではここまでの章で述べてきた研究内容を踏まえ、本研究全体としての貢献と今後の課題について述べる。

9. 1. 本研究の貢献

この研究の貢献は3点ある。1点目は、パナマックスバルカーの荷動きと船腹量の取り扱い方法について実務的な知識を学術研究に導入し、その上で備船料と需給比率が連動することを示した点である。先述の通り、現代の海運マーケットでは船型の分化が進み、個別の船型ごとの荷動きと船腹量を取り扱わなければ十分な解像度での分析を行なえなくなっている。だが、このような知識は純粋に実務的なものであり、学術研究者にとってアクセスが難しいものだった。本研究が提示したパナマックスバルカーにおいて備船料、荷動き、船腹量の関係を取り扱うフレームワークは、今後学術界の研究者が需要と供給を元にした海運マーケット分析を行なおうとする場合に土台となりうるものである。

2点目は、備船料の変動のうち需給水準で決まらない部分に注目したことである。第3章で述べた通り従来の学術的な運賃・備船料の変動に関する研究の多くは運賃・備船料と需要・供給(特に供給である船腹量)の相互作用によって変動が引き起こされることをモデル化したものである。だが、実務の世界では先述の通り需要と供給の変化は独立して分析されており、そのために「需要と供給に基づいてどのように備船料が決まるのか、備船料と需要・供給との乖離はなぜ、どのように発生するのか」という点こそが重要なテーマになっている。本研究ではこの着眼点を用いてここまでの章で述べてきた分析を行なった。いずれの章でも一定の結論を出すことができおり、分析の価値があったと考える。

3点目は、備船料の変動要因の要素分解を行い、需給水準で決まらない部分を3種類の異なる要因、具体的には「短期・不規則な乖離の変動」「循環性を持つ乖離の変動」「モデルの変化による変動」に分けて捉え、その分析を個別に行なった点である。第5章から第8章にかけての研究ではそれぞれの要因に着目して分析を行ない、それぞれの要因の性質を求めることができたと考える。

9. 2. 本研究の限界

本研究の限界として最初に挙げられるのは、需要と供給に影響を与えると認知されているが分析対象に含めていない要因が存在することである。第5章で述べた通り、需要要因には主要輸出国の輸出量だけではなく、貨物ごとの輸送距離や主要国以外の輸出量も影響を与えうる。また、供給要因では、船腹量に加えて平均航行速度や非稼働率(ドック入り、係船、

滞船)なども影響しうる。これらの要因についてはデータの提供が開始されたのが最近であり本研究で必要とされる調査期間を通じて取得することができなかつたため研究には含めなかつた。

これらの要因を含めた場合の需給と備船料の関係については、筆者は実務家としての業務を通じて予備検証を行っており、対象とする期間によってこれら要因を含めた方が当てはまりの改善が見られる場合もあれば、逆に要因を含めることで主要国輸出力と船腹量のみで計算した場合よりも精度が悪化する場合もあるという感触を持っている。これら要因の影響については、それぞれの影響がどのような経路で発生するかという仮説を立てた上で、それを検証するための研究を行うことが必要になると考える。

本研究の限界としてもう一つ挙げられるのはデータ件数の少なさである。需要データとして通関統計の輸出力を採用しているため、データの粒度は月次より細かくできないという制約がある。このため、 SHIPPING サイクルを 2 つ含む 8 年ほどの分析期間であってもデータ件数は 100 件弱に留まる。この程度のデータ件数は、本研究の中で用いたデータ分析において統計的な有意性の判定を行うことに用いることは可能であるが、機械学習などより多量のデータを必要とする手法を適用するためには不足している。

この限界を乗り越えるために有益な手段の一つが、第 3 章の先行研究調査の中で述べた AIS データの利用である。例えば空船か否かを示すフラグを用いて貨物船隊の利用比率を取得する場合には、バルチック指標の公開頻度である日次と同じ頻度でデータを取得することが容易に行える。このように頻度を上げてデータ件数を増やすことにより、本研究で採用できなかった手法が適用可能になると考える。

9. 3. 今後の課題

今後の課題として最初に行うべきものは、本研究の成果をドライバルク貨物船の他船型、および他船種に展開することである。スポット備船マーケットの流動性が最も高いパナマックスバルカーで得られた手法を他の船型・船種に展開し、結果を本研究と比較することで、差分からそれら船型・船種の独自性を知ることができる。バルカーの他船型、タンカーについては備船マーケットの構造が基本的に同じであるため本研究の手法をほぼそのまま適用可能と考えられるが、コンテナ船運賃については運賃指標や荷動き量、船腹量として適切な指標がパナマックスバルカーとは異なる可能性があるため、分析手法の試行錯誤が必要である。

実務的には「モデルの変化による変動」についてモデル変化を引き起こす要因、および変化後のパラメータを推定することは大きな貢献となりうる。だが、現状は定性的な発生原因す

ら実務家の世界にアイデアが存在しないため、一足飛びにそのような結果を得ることは難しい。当面の目標としては、マルコフ転換モデルによる状態の変化をより長い期間に対して適用し、 SHIPPING サイクルとして同定する作業が想定できる。実務家が統計的に得られた変化タイミングを踏まえ、モデル変化を引き起こす要因について実務的なアイデアが検証可能になるためである。

また、学術的には、本研究の中で取り上げた異なる性質を持つ変動を一つのモデルで統合して扱うことである。本研究では、それら変動を移動平均や期間限定によって個々に浮かび上がらせて分析を行なった。このアプローチは乖離の性質が分からない、あるいはそもそも乖離を統計的に判定できるかどうか不明な状態で研究に取り掛かるために必要なものであった。上記の通りこのアプローチを取ることで成果を出すことができたと考えるが、一方で研究としては個別の要素の連携が弱く寄せ集め感が生まれていることも事実である。このため、個々の研究で判定した変動要因を一つのモデルの中で統合して取り扱うことが次のステップとして重要である。このような複数の変動構造を重ね合わせる手法としては状態-空間モデルが候補となるだろう。また、その前段階として、本研究で取り上げられた対象期間をすべてカバーするような超長期に当てはまるモデルでなくとも、外部の擾乱要因が含まれない場合に適用できるモデルと、適用可能性を判定するためのルールの検出も重要なステップとなりうる。

参考文献

- Adland, R., and Cullinane, K., 2006, The non-linear dynamics of spot freight rates in tanker markets, *Transportation Research Part E*, 42, 211-224.
- Adland, R., Bjercknes, F., and Herje, C., 2017, Spatial efficiency in the bulk freight market, *Maritime Policy and Management*, 44:4, 413-425.
- Adland, R., H. Jia, and S. P. Strandenes., 2017, Are AIS-based trade volume estimates reliable? The case of crude oil exports, *Maritime Policy and Management*, 44:5, 657-665.
- Alizadeh, A.H, Huang, C.Y., Dallen, S., 2015, A regime switching approach for hedging tanker shipping freight rates, *Energy Economics* 49, 44-59
- Alizadeh, A.H., Nomikos, N.K., 2004. A Markov regime switching approach for hedging stock indices., *Journal of Futures Markets*, 24, 649-674.
- Alizadeh, A.H., Talley, W.K., Microeconomic determinants of dry bulk shipping freight rates and contract times. *Transportation* 38 (3), 561-579., 2011b
- Alizadeh, A.H., Talley, W.K., Vessel and voyage determinants of tanker freight rates and contract times. *Transp. Policy* 18 (5), 665-675., 2011a
- Angelopoulos, J., 2017, Time-frequency analysis of the Baltic Dry Index, *Maritime Economics & Logistics*, 19:2, 211-233.
- Baltic Exchange Information Services, 2020, Guide to Market Benchmarks Version 4.1 - March 2020, Date of access April 25, 2020, https://www.balticexchange.com//content/dam/balticexchange/consumer/documents/data-services/documentation/ocean-bulk-guides-policies/GMB_v4.1_March_2020-PUBLISHED.pdf
- Beenstock, M. and Vergottis, A., 1993, *Econometric Modelling of World Shipping*, (London, U.K.: Chapman and Hall.)
- Caerio, F., and Mateus, A., 2022, Package 'randtests', Date of access December25, 2022, <https://cran.r-project.org/web/packages/randtests/randtests.pdf>
- Chiste, C. and van Vuuren, G., 2013, Investigating the cyclical behaviour of the dry bulk shipping market, *Maritime Policy and Management*, 41(1), 1-19.
- Clarksons Research, 2019, *Shipping Review & Outlook 2019 Autumn* (London, U.K.: Clarksons Research)
- Clarksons Shipping Intelligence Network, 2022, Clarksons Research, Date of access: 22/02/2022 <https://sin.clarksons.net/>
- Dickey, D. and Fuller, W., 1979, Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Journal of the American Statistical Association*. 74 (366): 427-431.
- Gavalas, D., Syriopoulos, T., 2016, EXPLORING THE CYCLICAL STANCE OF THE SHIPPING MARKET; INTRODUCING THE SHIPPING CLIMATE TRACER,

international journal of transport economics, 3.

Glen D. R., 2006, The modelling of dry bulk and tanker markets: a survey, *Maritime Policy and Management*, 33:5, 431-445.

Goulielmos, A., 2018a, Maritime econometrics: Models of dry cargo ships and tankers, 1996-2005., *Survey. Modern Economy*, 9, 2196-2223.

Goulielmos, A., 2018b, Maritime economic modelling: A survey, 2006-2016., *Modern Economy*, 9, 2064-3091.

Goulielmos, A., 2019, A brief history of maritime econometrics, 1934-2012., *Modern Economy*, 10, 730-756.

Granger, C. W. J., 1969. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica* 37 (3): 424-438

Granger, C., and Newbold, P., 1974, Spurious regressions in econometrics, *Journal of Econometrics* 2 (2): 111-120.

Hamilton, J.H., 1989, A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle, *Econometrica*, 57, 357-384.

Hampton, M.J., 1991, *Long and Short Shipping Cycles*, 3rd edition, (Cambridge, U.K.: Cambridge Academy of Transport)

Hayashi, K., 2019, Cyclical fluctuation in dry bulk market caused by non-supply/demand factors, IAME 2019 Hong Kong Conference full paper presentation

Hayashi, K., 2020, Stationarity of Spot Freight Rates Considering Supply/Demand Effect, *Journal of Shipping and Trade* 2020(5):24

Hayashi, K., 2022a, Two Aspects of Energy Transition in Shipping: Carrying and Using Fuels, 43rd IAEE International Conference full paper presentation

Hayashi, K., 2022b, Determining Shipping Cycle by Supply/Demand Ratio and Markov Regime Switching, IAME 2022 Busan Conference full paper presentation

IEA, 2022, *World Energy Outlook 2022*, (Paris, France: IEA Publications)

IHS Markit, 2018, *Freight Rate Forecast - Optimize operational, financial and freight strategies through an analytics-driven forecast*, IHS Markit Brochure

IHS Markit, 2022, *Commodities at Sea*, Date of access: 24/02/2022
<https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/products/commodities-at-sea.html>

IMO, AIS transponders, Date of access: 24/02/2022
<https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/AIS.aspx>

Ishizaka, M, Tezuka, K., and Ishii, M., 2018, Evaluation of risk attitude in the shipping freight market under uncertainty, *Maritime Policy and Management*, 45:8, 1042-1056.

Kanamoto, K., Wada, Y., and Shibasaki, R., 2019, TRANSDISCIPLINARY ENGINEERING FOR COMPLEX SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS, 10, 105-114

Karakitsos, E., Varnavides, L., 2014, The theory of shipping cycles In: *Maritime Economics:*

- A Macroeconomic Approach (New York, USA.: Palgrave Macmillan),pp.209-250
- Kavussanos, M., 1996a, Comparison of volatility in the dry-cargo ship-sector. *Journal of Transport Economics and Policy* 30:1, 67-82.
- Kavussanos, M., 1996b, Highly Disaggregated Models of Seaborne Trade. An Empirical Model for Bilateral Dry-Cargo Flows in the World Economy, *Maritime Policy and Management*, 23:1, 27-43.
- Kavussanos, M. and Alizadeh, A., 2001, Seasonality patterns in dry bulk shipping spot and time charter freight rates, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37:6, 443-467.
- Kavussanos, M.G., Alizadeh, A.H., 2002, Seasonality patterns in tanker spot freight rate markets. *Economic Modelling*, 19(5), 747-782.
- Kavussanos, M. and Visvikis, I., 2006, *Derivatives and Risk Management in Shipping*, First Edition (Livingston, U.K., Witherby Seamanship International)
- Koekebakker, S., Adland, R., and Sodal, S., 2006, Are spot freight rates stationary?, *Journal of Transport Economics and Policy*, 40:3, 449-472
- Koopmans, T.C., 1939, *Tanker Freight Rates and Tankship Building* (Haarlem, Holland: De erven F. Bohn)
- Lee, D., 2020, *Shipping Market Cycles and Forecasting*, Customer Presentation Material at IHS Markit
- Lee, H.-T., Yoder, J.K., 2007. A bivariate Markov regime switching GARCH approach to estimate time-varying minimum variance hedge ratios., *Applied Economics*, 39, 1253-1265.
- Ljung, G., and Box, G., 1978, On a measure of a lack of fit in time series models, *Biometrika*, 65: 297-303.
- Lutkepohl, H., Reimers, H.E., 1992, Impulse Response Analysis of Cointegrated Systems. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 16 (1): 53-78.
- Pfaff, B., and Stigler, M., 2021, Package 'vars', Date of access December 25, 2022, <https://cran.r-project.org/web/packages/vars/vars.pdf>
- Phillips, P., Perron, P., 1998, Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika* 75 (2): 335-346.
- Prochazka, V., Adland, R., Wolff, F., 2019, Contracting decisions in the crude oil transportation market: Evidence from fixtures matched with AIS data, *Transportation Research Part A* 130 (2019) 37-53
- Said, S., and Dickey, D., 1984, Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order, *Biometrika*. 71 (3): 599-607.
- Sanchez-Espigares, J. and Lopez-Moreno, A., 2021, Package 'MSwM', Date of access December 25, 2022, <https://cran.r-project.org/web/packages/MSwM/MSwM.pdf>
- SSY, 2019, *Monthly Shipping Review* 13th September 2019 (London, U.K.: SSY)

- Stopford, M., 2009, *Maritime Economics*, 3rd edition. (London, U.K.: Routledge)
- Stopford, M., 2010, *Shipping Market Cycles*. In: *The Handbook of Maritime Economics and Business*. (London, U.K.: Lloyd's List), pp.235-257.
- The Baltic Exchange, n.d. *A History of the Baltic indices*, Date of access January 19, 2020, <http://www.balticexchange.cn/html/marketreport/uploadfiles/170326/201703261844079653.pdf>
- Tinbergen, J., 1934, *Scheepsruimte en Vrachten*, *De Nederlandsche Conjunctuur*, March: 23-35.
- Trade Data Monitor, 2022, *Trade Data Monitor*, Date of access: 21/02/2022 <https://www.tdmlogin.com/tdm/index.html>
- Trapletti, A., Kurt Hornik, K. and LeBaron, B., 2022, *Package 'tseries'*, Date of access December 25, 2022, <https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/tseries.pdf>
- Tvedt, J., 2003a, *A new perspective on price dynamics of the dry bulk market*. *Maritime Policy & Management*, 30, 221-230.
- Tvedt, J., 2003b, *Shipping market models and the specification of freight rate processes*, *Maritime Economics and Logistics*, 5, 327-346.
- Veenstra, A. and Franses, P., 1997, *A co-integration approach to forecasting freight rates in the dry bulk shipping sector*, *Transportation Research A*, 31, 447-458.
- Veenstra, A., 1999. *Quantitative Analysis of Shipping Markets*, (Delft, The Netherlands: Delft University Press)
- Yin, J. and Shi, J., 2018, *Seasonality patterns in the container shipping freight rate market*, *Maritime Policy and Management*, 45:2, 159-173.
- Zannetos, Z.S., 1966, *The Theory of Oil Tankship Rates* (Cambridge, USA: MIT Press)
- 沖本竜義, 2010, *経済・ファイナンスデータの計量時系列分析(統計ライブラリー)*, 朝倉書店
- 小波秀雄, 2017, *統計学入門*, Date of access: 10/02/2019, <http://konamih.sakura.ne.jp/Stats/Text/Statistics.pdf>
- 下條哲司, 1979, *海上運賃の経済分析【研究叢書 21】*, 神戸大学経済経営研究所
- 日本郵船調査グループ, 2020 *Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets*, 一般社団法人日本海運集会所
- 日本郵船調査グループ, 2022 *Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets*, 一般社団法人日本海運集会所
- 林光一郎, 2021, *ドライバルク備船市況と備船契約/船積み日間隔の関係に関する考察*, 「海運経済研究」第 55 号 2021 年
- 宮下国生, 1988, *海運【現代交通経済学叢書】第 6 卷*, 晃洋書房