

令和元年6月13日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04602

研究課題名(和文) 海上物流ビッグデータを利用した船舶開発・建造戦略検討支援システムに関する研究

研究課題名(英文) A study on the support system to examine the ship design and construction strategy using maritime logistics big data

研究代表者

濱田 邦裕 (Hamada, Kunihiro)

広島大学・工学研究科・教授

研究者番号：40294540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、AISデータ、船舶データ、港湾データ、貿易データ等を統合的に管理する海上物流データベースを構築する。さらに、海上物流データベースを利用して実際の配船を再現できる配船モデルを定義する。配船モデルは荷主モデル・船主モデルおよび船社モデルから構成され、これらのモデルは海上物流に関わる各種データに基づき、統計解析と機械学習を利用することにより定義する。さらに、これらのモデルを利用して新たな船舶が開発・建造された際に、配船計画がどのように変化するかをシミュレートすることにより、船舶の需要予測や基本計画支援への応用を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで造船におけるビッグデータ利用は生産分野やメンテナンス分野が中心であった。本研究は船舶開発戦略においてビッグデータ利用を検討するものであり、造船におけるビッグデータ利用の新たな可能性を提案している。

また、造船業は需要の山谷の大きな産業であるが、本研究により船舶開発・建造戦略の検討が可能になれば、造船業の持続的・継続的發展に大きく貢献する。さらに、本研究の成果の戦略的運用により、日本が開発・建造する船舶が新たな需要を喚起することも期待される。

研究成果の概要(英文)：Nowadays, a large amount of data is growing exponentially which forms as Big Data. In maritime industries, maritime logistics Big Data i.e. port data, ship data, route data, international trade data, and data provided by AIS increased rapidly. If these data are effectively utilized, a great innovation might be achieved. The objective of this study is to develop a support system of ship basic planning which can examine the demand and the principal particulars of ship by utilizing the marine logistics Big Data.

研究分野：船舶設計システム

キーワード：船舶設計システム 海上物流 基本計画 ビッグデータ AI

## 1. 研究開始当初の背景

造船業は需要の変動が極めて大きな産業である。このため、造船業が継続的・安定的に発展するためには開発すべき船舶の需要を予測し、適切な経営・開発戦略を立案することが非常に重要である。特に近年は、EEDI、パナマ運河の拡張、燃料費の高騰など海上物流や船舶への要求が大きく変化しており、かつ全世界的に船舶が供給過剰な状態である。このような変化の時代においてどのような船舶を開発し、どのようなペースで建造すべきかを検討することは、日本の造船業にとって極めて重要な課題である。

一方、近年は全世界的にビッグデータの有効性が着目されており、我が国においてもビッグデータ活用の重要性が指摘されている。ビッグデータは一般的に多量性、多様性、リアルタイム性等の特徴を有するデータと言われており、それらの分析により未来の予測や異変の察知等を行い、利用者のニーズに即したサービスの提供、業務の効率化、付加価値の創出等が可能とされている。造船海事産業においても、ビッグデータ活用の重要性は認識されており、幾つかの研究事例もある。しかし、これまでの研究事例は生産分野や保守・メンテナンス分野に限定されており、船型開発や需要予測など、ビッグデータの船舶開発戦略への活用については、研究蓄積は少ない状況である。

## 2. 研究の目的

近年は自動船舶識別装置(Automatic Identification System)によりリアルタイムで船舶位置情報の取得が可能となった。また、船舶情報、港湾情報、貿易情報等も更新の頻度も上昇しているため、研究の基盤となるデータは充実してきたと考えることができる。

そこで本研究では船舶位置情報、港湾情報、船舶情報、航路情報および貿易情報等の海上物流に関するビッグデータを総合的に利用し、その整合性を確認することで、全世界の船舶の運航状況や貨物の積載・輸送状況を把握することができる海上物流データベースを構築する。さらに、海上物流データベースを利用して、全世界的な船舶の利用状況やトレンド、受給バランスの変化等の把握を可能にするとともに、代替えを加速する船舶や新規需要の開拓が見込める船舶など、船舶の開発・建造戦略が海運市場や船舶の需要に与える短期的・長期的影響を検討できるシステム環境を開発する。対象船はバルクキャリアとする。

## 3. 研究の方法

### 3.1 研究の基本方針

本研究の基本方針を Fig. 1 に示す。まず海上物流に関するデータを総合的に連携させた海上物流データベースを構築する(Fig.1 STEP1)。次に海上物流データベースの情報を利用分析することにより、現実の配船を再現することが可能な配船モデルを構築する(Fig.1 STEP2)。この配船モデルに対して、将来シナリオや開発する船舶の仕様を入力することで、将来の配船状況を予測し、需要の見込める船舶の仕様の検討を支援する(Fig.1 STEP3)。

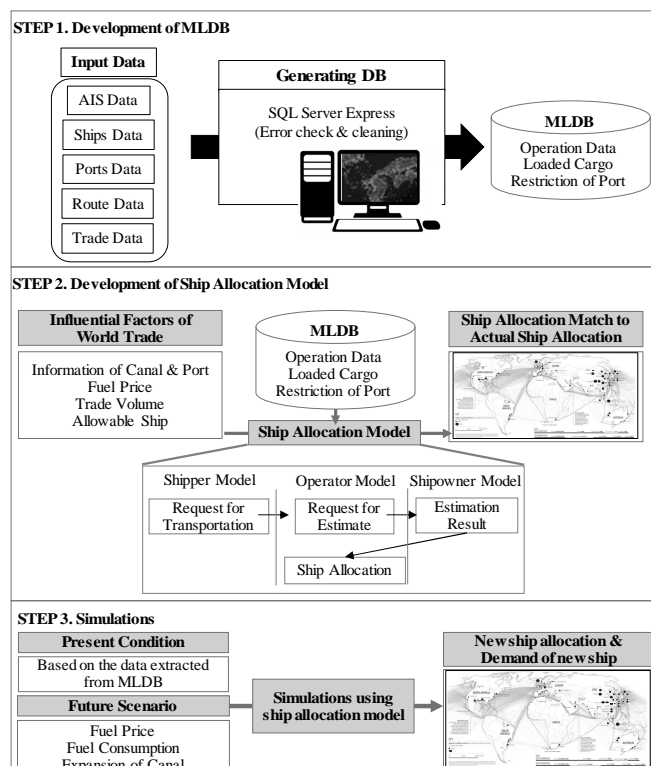


Fig.1 本研究の基本方針

### 3.2 海上物流データベースの概要

海上物流データベース（以下、MLDB）は、著者らが開発した、AIS 情報等の海上物流に関するデータを相互に連携させた情報基盤である。以下のデータが MLDB に記述される。

- 航海情報：AIS 情報から獲得される船舶の時系列の位置情報、発着港湾、航海喫水等の情報に加え、積載貨物および積載量等の情報を管理する。
- 船舶情報：各船舶の船名や主要目、載貨重量トン数や建造造船所などの情報を管理する。
- 港湾情報：世界中の港湾の位置、入港制限および取扱品目などの情報を管理する。
- 航路情報：指定した港湾間の距離や運航ルートなどの情報を管理する。
- 貿易情報：国家間の品目別貿易データを管理する。

なお、ビッグデータには各種のエラーが含まれていることが一般的である。本研究では重複データの削除や複数のデータ間の整合性を確認することで、航海情報や喫水情報のエラークリーニングを実施している。さらに、発着港湾の取扱い貨物情報、船舶情報、および運航時の喫水情報を利用することで、航海毎の積載貨物の種類と積載貨物量を推定した。

### 3.3 配船モデルの定義

配船モデルは既存の船舶データを与えると実際の船社の配船を再現することができるモデルである。配船モデルは以下の3つのモデルにより構成される。

- 荷主モデル：ある積港から揚港への貨物輸送依頼をオペレータへ提示する。
- 船主モデル：オペレータからの貨物輸送依頼に対して、輸送日数、貨物輸送量、運航コストを見積りオペレータに入札する。
- オペレータモデル：荷主からの貨物輸送依頼と船主からの入札結果に基づき、船舶の配船を決定する。

#### 3.3.1 荷主モデルの定義

荷主モデルはある貨物の積港から揚港への貨物輸送依頼を出すものである。本研究では船舶の港湾への寄港実績に関わるデータをクラスター分析することにより、荷主モデルを定義する。日本 - オーストラリア間の鉄鉱石輸送に着目して荷主モデルの定義手順を示す。

- (1) 航海データの抽出：海上物流データベースから鉄鉱石を積んでオーストラリアの港湾を出発し、日本の港湾に入港した船舶の各港湾への寄港回数を抽出する。その後、港湾毎に船舶の寄港回数実績を標準化する。
- (2) 港湾間のユークリッド距離の算出：上記(1)のデータに基づき、各港湾間のユークリッド距離を算出する。
- (3) 階層的クラスタリングを用いたクラスター化：階層的クラスタリングを用いて港湾のクラスタリングを行う。クラスター間の距離の算出には郡平均法を用いる。

以上のようにして定義されたクラスターを Fig.2 に示す。4つのクラスターは JFE スチールの所在地港湾、新日鉄住金の所在地港湾（大規模、小規模の二つ）およびその他の港湾に分類されており、現実と合致していると考えられる。

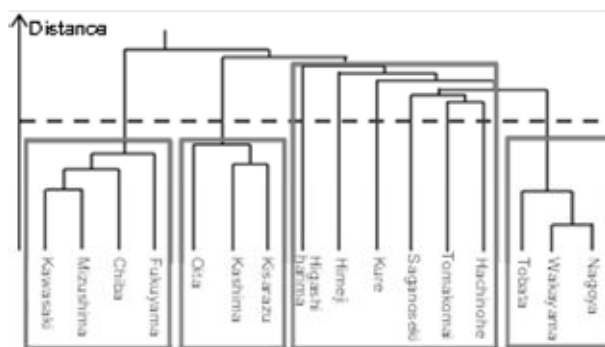


Fig.2 クラスタリング結果

#### 3.3.2 船主モデルの定義

本研究では船主モデルは船舶一隻毎に定義する。船主モデルは、貨物輸送依頼に基づき、自身の有する船舶を用いた場合の輸送日数、貨物輸送量（一航海および年間）、輸送コストを見積り、その結果を提示する。以下に見積りプロセスの概要を示す。

- (1) ディープラーニングによる見積り

まず船舶毎に、ある港湾間を航行した場合の喫水率、平均航海速度、港湾滞在日数を予測する。この予測にはディープラーニングを利用する。学習モデルは海上物流データベースの情報を利用して項目毎に積載状態とバラスト状態に分けて個別に定義する。

- 訓練データ：2013～2016年の全世界 - 日本間の船舶の運航実績データ
- 入力層：DWT, L, B, D, d, 航海速力, 主機馬力, 建造年, バルカー新造船価格指数, 航海時燃料時価, 航路間距離, オペレータ, 建造造船所, 積揚港載貨重量制限, 積揚港喫水制限, 積港, 揚港

- 出力層：航海時喫水率（積載時およびバラスト時），平均航海速度（積載時およびバラスト時），到着港湾滞在時間（積載時およびバラスト時）
- (2) 輸送日数，貨物輸送量，輸送コストの算出  
 ディープラーニングでの推定結果を用いて輸送日数，貨物輸送量，輸送コストを算出する．輸送日数は航海距離，航海速度および港湾滞在時間を用いて算出する．貨物輸送量は各航海毎の推定貨物輸送量を集計する輸送コストの算出には経験式を用いる．

### 3.3.3 オペレータモデルの定義

オペレータモデルは，船主モデルの依頼を受けて，以下の手順で船舶の配船を決定する．

- (1) 輸送依頼に対するコストと輸送量の集計：本研究では，全ての輸送依頼に対して全ての船主モデルが入札する．この結果を集計し単位輸送量当たりのコストを算出する．
- (2) 各船舶の偏差値の算出：単位輸送量あたりのコストに基づき，航路毎に各船舶の偏差値を算出する．なお，該当船舶が該当航路の輸送に利用できない場合は，全航路・全船舶で最もコストが高いものと同値として算出する．
- (3) 船舶の割り当て：最も偏差値の高い船舶一隻を選び，当該航路の貨物輸送に割り当てる．
- (4) 全貨物輸送依頼の再計算：上記(3)の割り当てに基づき，データを更新する．その後，全ての貨物が輸送されるまで上記(1)～(3)の処理を繰り返す．

## 3.4 配船シミュレーションと需要予測

### 3.4.1 現状再現性の確認

本研究で構築した配船モデルの妥当性を確認するために，現状再現性の確認を行った．ここでは，入力情報として日 - 豪の鉄鉱石輸送に使用された船舶を与え，どの荷主にどの船舶が配船されるかを確認した．その結果を Fig. 3 に示す．現実の配船傾向を概ね再現できていることが理解できる．

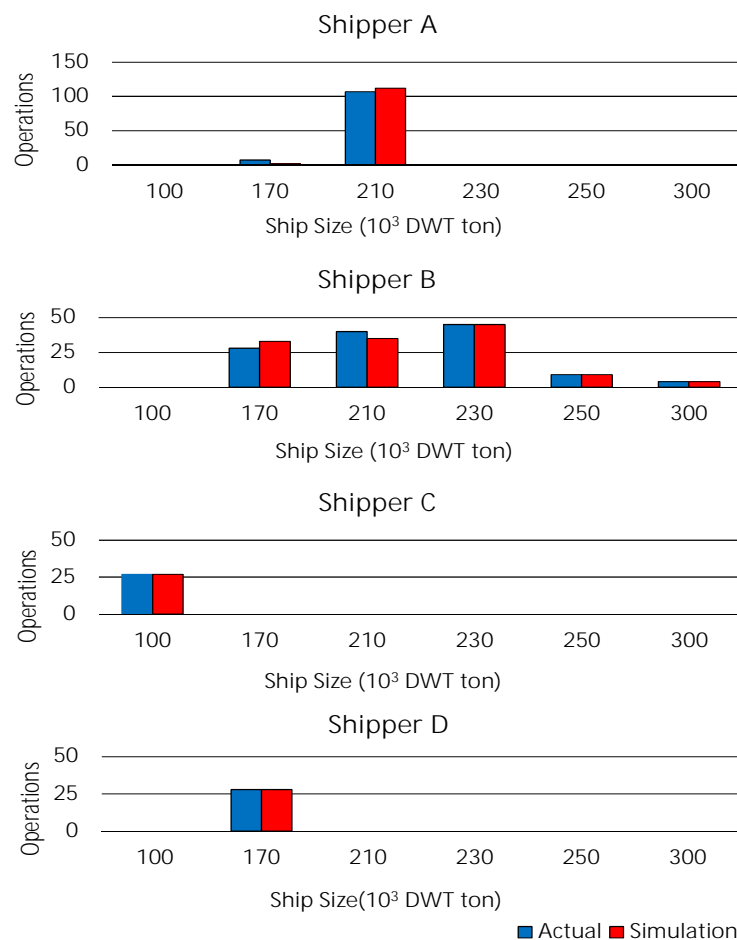


Fig.3 配船シミュレーションによる現状再現性の確認

### 3.4.2 需給バランスの検討

3.4.1 項の船舶の隻数の制限をなくし，オペレータが船舶を自由に選べる状態で配船を行った結果(Demand)と，使用制限がある場合の配船結果(supply)の相違を Fig. 4 に示す．使用制限がない場合，21 万，25 万，30 万トンサイズの船舶は配船数が増加する一方で，17 万，23 万トンサイズの船舶の配船が減少している．

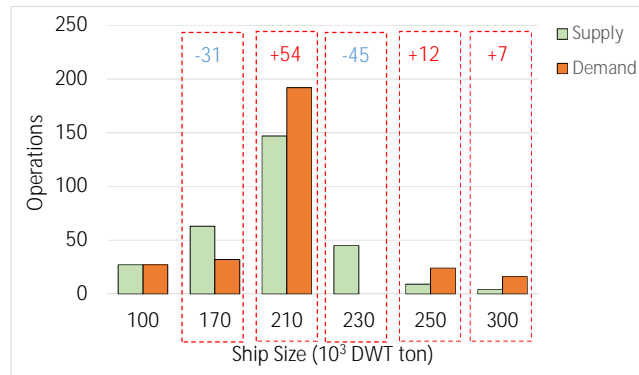


Fig.4 需給バランスの検討

### 3.4.3 新規開発船の仕様検討

3.4.2 項の結果に基づき、ここでは 21 万トンクラスの船舶に着目する。Table 1 の船舶  $S_0$  は日 豪航路における平均的な 21 万トンクラスのバルクキャリアの主要目である。このバルクキャリアを基準に 5, 10, 15% の燃費向上船をそれぞれ  $S_1, S_2, S_3$  とし、燃費向上が配船に与える影響を考察する。なお、配船シミュレーションでは新規に開発する船舶は無数に存在するものと仮定し、新規開発船を配船する際には減価償却分をコストに計上する。

配船シミュレーションの結果を Table 2 に示す。燃費向上が 10% までは配船数は徐々に増加していくが、15% の燃費向上を達成することにより、配船される航路数および船舶の配船数が大幅に増加している。

以上のように、本システムを用いることで仕様の相違が需要に与える影響を検討することが可能である。

Table 1 21 万トンクラスのバルクキャリアの代表的な主要目

DWT	L	B	D	d	MCR	Vs
(t)	(m)	(m)	(m)	(m)	(HP)	(Knot)
210,036	300	50	25	18.4	21,808	15

Table 2 燃費向上が需要に与える影響

	Number of Allocated Routes	Number of Operations
$S_0$	3	40
$S_1$	4	47
$S_2$	5	61
$S_3$	10	128

## 4. 研究成果

本研究では、海上物流に関わる各種のデータに基づき統計解析と機械学習を利用することにより、実際の配船を再現することができる配船モデルを構築した。さらに、提案した配船モデルを用いた、新規開発、船舶の需要予測と仕様検討への応用の可能性を示した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 7 件)

Wada, Y., Hamada, K., Hirata, N., Seki, K., Yamada, S., A system dynamics model for shipbuilding demand forecasting, Journal of Marine Science and Technology, 査読有, Volume 23, Issue2, pp 236-252, 2018.

M D Arifin, Hamada, K., Hirata, N., Ihara, K. and Koide, Y., Development of Ship Allocation Models Using Marine Logistics Data and Its Application to Bulk Carrier Demand Forecasting and Basic Planning Support, 日本船舶海洋工学会論文集, 査読有, Vol.27, pp.139-148, 2018.

Wada, Y., Hamada, K., Hirata, N., A Study on the Improvement and Application of System Dynamics Model for Demand Forecasting of Ships, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS2017), 査読有, Vol.1, pp.51-60, 2017.

M D Arifin, Hamada, K., Hirata, N., Ihara, K., A Study On The Support System Of Ship Basic Planning By Using Marine Logistics Big Data, Kai Ihara, and Yuki Koide, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS2017), 査読有, Vol.1, pp.61-68, 2017.

和田祐次郎, 濱田邦裕, 平田法隆, 不確定性を考慮した配船計画の最適化に関する研究, 日本航海学会論文集, 査読有, Vol.135, pp.83-96, 2016.

和田祐次郎, 濱田邦裕, 平田法隆, 城塚弓絵, 複雑ネットワーク理論を用いた海上輸送ネットワークの最適化手法に関する研究, 日本航海学会論文集, 査読有, Vol.135, pp.97-107, 2016.

M D Arifin, Hamada, K., Hirata, N., Ouchi, K., Development of marine logistic database using Automatic Identification System (AIS) and statistical data, Proc. of the 30th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures (TEAM 2016), 査読有, pp. 395-402, 2016.

[学会発表](計 10 件)

井原海, 海上物流ビッグデータを利用したタンカーの基本計画支援システムの開発, 日本船舶海洋工学会講演会, 2018.

濱田邦裕, 造船業におけるビッグデータ・IoTの利用の可能性について(海上物流ビッグデータの船舶設計への活用), 日本船舶海洋工学会西部支部シンポジウム「新技術は船を変えられるか?」(招待講演), 2018.

Wada, Y., A Study on the Improvement and Application of System Dynamics Model for Demand Forecasting of Ships, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, 2017.

M D Arifin, A Study On The Support System Of Ship Basic Planning By Using Marine Logistics Big Data, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, 2017.

和田祐次郎, 船舶需要予測用 SD モデルの活用に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 2017.

井原海, 海上物流データを利用した配船モデルの構築と船舶需要予測への応用に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 2017.

和田祐次郎, 不確定性を考慮した配船計画の最適化に関する研究, 日本航海学会第 134 回講演会, 2016.

和田祐次郎, 複雑ネットワーク理論を用いた海上輸送ネットワークの最適化手法に関する研究, 日本航海学会第 134 回講演会, 2016.

小出祐輝, 海上物流ビッグデータを利用した船舶の基本計画支援に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 2016.

M D Arifin, Development of marine logistic database using Automatic Identification System (AIS) and statistical data, TEAM 2016, 2016.

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 北村 充

ローマ字氏名: (KITAMURA, Mitsuru)

所属研究機関名: 広島大学

部局名: 大学院工学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 40195293

研究分担者氏名: 平田 法隆

ローマ字氏名: (HIRATA, Noritaka)

所属研究機関名: 広島大学

部局名: 大学院工学研究科

職名: 助教

研究者番号(8桁): 80181163

研究分担者氏名: 武市 祥司

ローマ字氏名: (TAKECHI, Shoji)

所属研究機関名: 金沢工業大学

部局名: 情報フロンティア学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 90291319

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