

# 論文の要旨

題目 船舶需要予測用 SD モデルとその活用に関する研究

(A Study on the System Dynamics Model and its Application for Demand Forecasting of Ships)

氏名 和田 祐次郎

造船業の継続的な発展のために船舶の需要を予測し、その予測を基に造船所の経営戦略を立案することは極めて重要である。しかし、海運・造船業は全体として複雑システムを形成しており、ルールや企業戦略・景気等が船舶の発注や竣工に動的な影響を及ぼしている。本研究では、種々の要因が相互に影響する複雑システムのモデル化や分析に有効なシステムダイナミクス(以下:SD)の手法を用いて、バルクキャリアの需要予測のためのシミュレーションシステムを構築する。そして、各種シミュレーションを実施することで構築したシステムの有効性・妥当性を示すと共に、造船市場の継続的な発展のための知見を獲得する。

本論文では、7章で構成されている。

第1章の「諸言」では、これまでの海運・造船市場の推移を基に海運・造船市場における需要予測の重要性を述べ、研究背景と目的を明確にした。

第2章の「海運・造船市場の特徴と既往研究のレビュー」では、海運・造船市場の概要とその特徴を述べた。そして過去に行われた船舶の需要予測に関する研究をレビューし、本研究の位置付けを明確にした。

第3章の「本研究の基本方針」では、第2章の考察を基に船舶需要予測の要求事項を整理した。具体的には、船舶の需要予測モデルに要求される項目は、世界経済や海上物流の変化が考慮できること、船社・造船所の特性を考慮したモデルを構築すること、全量・サイズ毎の予測が可能であること、モデルへの入力値が少ないこと、海運・造船市場の不確実性を考慮した予測が可能であること、海運・造船市場の外生要因が考慮できること、高度な意思決定や戦略・施策の検討が可能なことと整理した。さらに、一般的に需要予測に用いられる手法を整理し、SDが本研究の船舶需要予測の要求項目を満足し、モデル構築において最も妥当な手法であると結論付けた。

第4章の「モデル開発」では、船舶需要予測用 SD モデルの概要と基本構成を述べると共に、モデルを構成する Sub-model モデルの概要とその詳細を示した。本研究の船舶需要予測モデルは以下に示す5つの Sub-model モデルから構成される。

- (1) 貨物輸送量予測モデルでは、世界 GDP と貨物輸送距離により海上荷動き量を予測する。このモデルにより、世界経済の影響、貨物輸送における距離の影響を考慮した。
- (2) 発注量予測モデルでは通常期と発注爆発期の二つの期間に分け、船舶の運用が限界に達すると、発注量の爆発が起きると定義した。さらに船価と手持工事量の影響で発注量は増減するため、その影響により発注量の予測値を短期的に補正した。
- (3) 建造モデルでは、造船所の操業状態によって船舶の着工量や船舶の建造能力が変化すると考え、造船所の手持工事量と竣工量の関係を定義した。さらに、造船所の手持工事量と竣工量には「建造期間」と「建造能力の拡張期間」の時間遅れが存在するため、相関分析を用いて、それらを特定した。
- (4) 船価予測モデルでは、船価は市場の内生要因によって変化すると考え、手持工事率と船価の関係を定義した。手持工事率に関しては、造船市場の内生要因である手持工事量と船舶の建造能力を基に算出した。
- (5) 廃船モデルは市況によって廃船量が増減すると考え、モデルを構築した。また、2008 年以降の廃船量の短期的な増減を発注量の急激な増減の影響と考え、発注量を用いて廃船量の予測値を短期的に補正した。

また、詳細な需要予測を実現するため、船舶サイズ別の需要予測モデルを構築した。以下にその概要を示す。

- (1) 本研究では Clarkson 社から獲得した船舶サイズ別の詳細なデータを用いて、発注量配分モデル、サイズ別の建造モデル、廃船モデルを構築した。さらに、サイズ別の需要予測の基本構成、計算の流れについても示した。
- (2) サイズ別の発注量を予測するため、発注量配分モデルを構築した。全量の中での発注量に占めるサイズ別の発注量の割合は市況により変化すると考え、市況と全量の中での発注量に占めるサイズ別の発注量の割合の関係を定義した。
- (3) 建造モデル、廃船モデルは、全量での予測と同様の方針でモデルを定義した。建造モデルでは、建造期間、能力拡張期間がサイズ別に異なることを示し、それらをサイズ別の建造モデルに反映した。廃船モデルも同様である。

1999 年から 2012 年までのシミュレーションを実施し、モデルの妥当性を検証した。その結果、構築したモデルを用いて、実績の傾向を再現できる予測が可能であることを示した。また構築したモデルの予測性能についても検証し、3-4 年程度の予測が可能であることが分かった。サイズ毎の需要予測でも同様に、1999 年から 2012 年までのシミュレーションを実施し、モデルの妥当性、需要予測モデルの予測精度を議論した。

第 5 章の「不確実性を考慮した船舶の需要予測」では、既往研究で提案されている不確実性の考慮手法を用いて、海運・造船市場の不確実性が予測結果に与える影響を定量的に分析した。以下にその概要を示す。

- (1) 海運・造船市場の不確実性を SD モデルの外部、内部の不確実性に整理した。そして、モン

テカルロシミュレーションを用いて SD モデルの外部、内部の不確実性の双方を考慮した。

- (2) SD モデルの外部の不確実性は、世界 GDP と貨物輸送距離と定義し、二項格子モデル用いてその不確実性を考慮した。
- (3) SD モデルの内部の不確実性は、船舶需要予測用 SD モデルを構成する Sub-model モデル内部に発生するバラつきと定義した。そして、各 Sub-model モデル内部のバラつきを統計的手法を用いて分析し、その結果をモデルに反映することで、その不確実性の影響を考慮した。

そして、各種シミュレーションを実施し、SD モデルの外部、内部の不確実性が予測結果に与える影響を定量的に分析した。

第 6 章の「船舶需要予測用 SD モデルの活用」では、構築した船舶需要予測用 SD モデルの活用について述べた。具体的には構築した船舶需要予測用 SD モデルを用いて、市場の継続的な発展のシナリオを策定するためのシステムを開発した。そして構築したシステムを用いて、造船市場の継続的な発展が可能なシナリオを立案し、その効果を示した。本研究では、SD モデルの内生要因である①船舶建造能力の調整、②外生要因である施策による市場の活性化に着目した。

- (1) 本研究では造船市場の内生要因である「船舶の建造能力の調整戦略」、造船市場の外生要因である「施策による造船市場の活性化戦略」の二つに着目した。施策による造船市場の活性化戦略については、①船舶の強制廃船戦略、②新規設備の導入による船舶の一定期間利用停止戦略、③速度低減による環境負荷の低減戦略の三つの施策に着目した。
- (2) 「船舶の建造能力の調整戦略」、「施策による造船市場の活性化戦略」を二段階最適化問題として定式化し、設計変数、制約条件、目的関数を明確にした。「船舶の建造能力の調整戦略」では、造船市場全体の利益を最大化する世界全体の船舶建造能力の拡張量と拡張時期を決定する問題として定式化した。「施策による造船市場の活性化戦略」では、目標とする造船市場の利益に対して最小の施策量と施策を適用する時期を決定する問題として定式化した。
- (3) 過去シミュレーションを実施し、「船舶の建造能力の調整戦略」の効果を確認した。そして、造船市場の持続的な発展という観点からは、建造能力を緩やかにかつ継続的に増加させ、世界全体の船舶建造能力の適切な調整が必要であることを定量的に示した。また、造船市場で最小限確保する利益という制約条件を追加した場合の最適化も実施し、この制約条件を追加することで最適解が大きく変化することを示した。
- (4) 将来シミュレーションを実施し、今後どの程度までの船舶の建造能力の減少が必要か確認した。その結果、現在の建造能力は過剰であることが分かった。また、2012 年時点での船舶の建造能力に対して 5 割以上減少すれば、2018 年頃に再び船価が上昇傾向に転じ、造船市場が回復に向かうことを示した。
- (5) 施策シミュレーションを実施し、①船舶の強制廃船戦略、②新規設備の導入による船舶の一定期間利用停止戦略、③速度低減による環境負荷の低減戦略、の三つの効果を分析した。その結果、①船舶の強制廃船戦略、③速度低減による環境負荷の低減戦略、が市場の活性化には有効であることが分かった。また、②新規設備の導入による船舶の一定期間利用停止戦略

の結果より、1ヶ月程度の船舶の利用停止では市場に与える影響は小さく、造船市場の活性化という点では効果が薄いことが分かった。そして、三つの施策を複合して考慮した場合、施策を単独で考慮した場合と比べ、全体の施策量を削減できることが分かった。

以上により、本研究で構築したシステムを用いることで高度な意思決定の支援が可能となることを示した。また、目的関数・制約条件を見直し、今後の課題を整理した。

最後の第7章の「結言」では、本論文で獲得した知見を総括した。また今後の展望として、今後の船舶需要予測に関する研究の方向性を整理した。以下にその概要を示す。

- **船舶需要予測用 SD モデルの予測パラメータの自動的な同定**

SD の欠点は、モデル構築に多大な時間を要するという点である。今後は、本研究の需要予測モデルが様々な分野で活用できるように、船舶需要予測用 SD モデルの一般化、モデル構築の自動化について検討する必要がある。

- **船舶需要予測用 SD モデルの高度化**

近年、AIS(Automatic identification system)の発展、港湾情報や個船情報の充実により、船舶の位置情報やその仕様が詳細に獲得できるようになりつつある。それを用いることで、海上荷動き量を正確に把握することが可能と考えられる。今後はこのような海上物流におけるビッグデータを用いて船舶需要予測用 SD モデルを高度化し、需要が増加する航路とその船舶の仕様まで詳細に予測することで、船社の船舶発注計画、造船会社の基本計画を支援することが求められる。