

LNG 海上輸送における社会的費用の評価

申請中	東京理科大学	*甲斐雄大	KAI Takahiro
05000319	東京理科大学	伊藤真理	ITO Mari
01308970	東京理科大学	高嶋隆太	TAKASHIMA Ryuta
01309220	中央大学	鳥海重喜	TORIUMI Shigeki

1 はじめに

国際海運部門の燃料消費による CO₂ 排出量は、世界の全排出の約 3% である。現状のまま排出削減等の施策を取らない場合、2050 年には 2007 年と比べて CO₂ 排出量が約 3.4 倍に増える見通しである [1]。国際海事機関 (IMO; International Maritime Organization) では、CO₂ 排出削減手法として「船舶エネルギー効率マネジメント」について議論し、今後は CO₂ 排出削減を考慮した輸送マネジメントの必要性を確認した。昨今の原子力発電に対する意識から、LNG 火力発電の需要が増加している。LNG 輸送中による CO₂ 排出量を抑えることが重要な課題となる。

Corbett et al.[2] は、船会社の利益を最大化する速度を推計し、減速速度による CO₂ 削減の限界排出削減費用を算出した。花岡 [3] は、Corbett et al.[2] のモデルを拡張し、コンテナ船の輸送において、炭素税を内部化した上での利益最大化となる速度を推計している。これらの先行研究においては輸送コストや輸送時の CO₂ 排出量について分析しているものの、現状の運航状況や環境規制への適用可能性について議論されていない。

本研究では LNG 輸送を対象として、実データに基づいて全輸送の運航時間を算出する。その際、運航コストが最小となる速度で運航した場合の運航時間と比較することで実データとどれほど乖離しているのかを示す。また、CO₂ 排出規制を行った場合の船速の変化によって発生したコストの差異を社会的費用として考え、CO₂ 削減量との関係について明らかにする。

2 使用モデルとデータ

本研究では、Corbett et al.[2] における海上輸送における運航コストの推定式を参考に、LNG 船の航海における CO₂ 排出量と運航コストを推計する。

運航コストの推定式は以下のようになる。

$$C = \left(\frac{P}{10^6}\right) \times \left\{MF \times \left(\frac{s}{s_k}\right)^3 + AF\right\} \times \left(\frac{D}{s}\right) + \left(\frac{R}{24}\right) \times \left(\frac{D}{s}\right)$$

ここで P は燃料単価 [\$/ton], MF と AF はそれぞれ主エンジン、補助エンジンの燃料消費量 [g/h], s と s_k はそれぞれ速度と設計速度 [knot], D は運航距離 [海里], R は価値低減費 [\$/day] を示している。LNG 船のエンジン出力データより、4 つの船舶クラス (90,000m³ 以下, 90,000m³ ~ 120,000m³, 120,000m³ ~ 150,000m³, 150,000m³ 以上) に分け、 MF と AF の値は各クラスで異なるものとする。

使用するデータは 2016 年 1 月 1 日から 2016 年 6 月 30 日における船舶の動向を 1 時間おきに正規化した AIS (Automatic Identification System) データである。AIS データから出港と着港の時刻を推計し、航海データを作成した。

3 分析結果

対象船舶数は 314 隻、総航路数は 3497 航路である。各船舶において実際の運航時間と運航コスト最小となる速度での航海時間との差は図 1 のようになった。横軸は運航コスト最小となった航海時間からどれだけ離れているかを表している。運航コスト最小となる航海時間よりも 20% 長い航海時間となった船舶が多く分布している。海運の現場では荷揚げ作業の待ち時間を考慮するためにあえて船速を落として航海していることが理由の一つとして考えられる。この図により海上輸送において運航コストが最小となる航海の難しさを確認することができる。

次に、排出規制を設けた場合において、その社会的費用を推計した。社会的費用とは、ここでは排出規制によってもたらされる運航コストの増加額のことを指す。図 2 は排出量をそれぞれ 10%~40% 削減したときの社会的費用を示している。現状における社会的費用とは実際のデータからの運航コスト増加

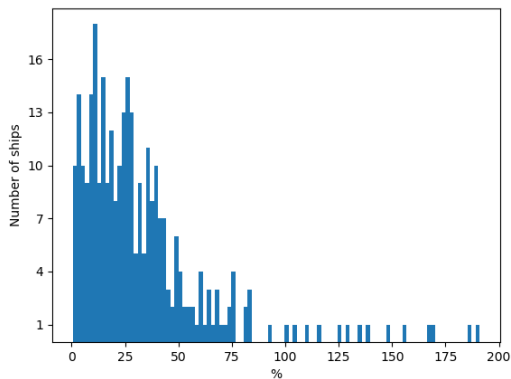


図1 運航コスト最小化となる航海時間と実際の航海時間との差異

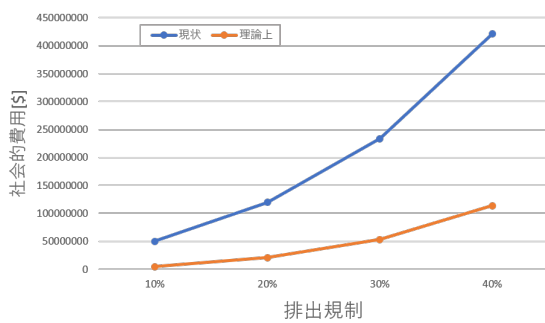


図2 排出規制による社会的費用の推移

額であり、理論的な社会的費用とは運航コスト最小の時から見た社会的費用のことである。規制に対して社会的費用は非線形的に増加していることが確認できた。その理由として減速航海によって価値低減費が大きくなることが考えられる。

図3は、各排出規制によって排出量を削減するにあたり、削減量1tonにかかる増加コストを表している。10%の排出規制を設ける場合、理論上では12[\$/ton]の削減コストがかかる一方で、現状では310[\$/ton]かかる結果となった。削減量と増加コストの割合が現状と理論上の場合で差異がみられた。理論上での船速は現状の船速よりも速いため、減速における削減量が多く、また価値低減費の影響も現状よりも小さいため、効率的にCO₂の削減ができている。

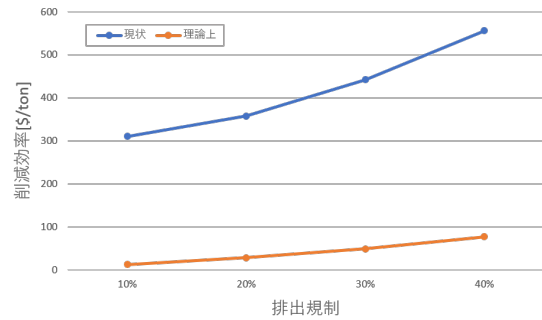


図3 削減量と増加コストの関係

4 おわりに

本研究では1時間おきに正規化したAISデータを分析することで実際のCO₂排出量と航行時間を計算し、運航コスト最小とされる航海とのギャップを評価した。また、排出規制をかけた際のコストの増加分を社会的費用とし、規制を厳しくしていくことで社会的費用、CO₂排出削減コストがどのように変化するか分析した。その結果、現状では運航コストが最小となる航海時間よりも長い航海を行っており、1ton当たりの削減コストは理論上と比較して高くなることを確認した。

IMOは今後排出削減の施策としてCO₂排出取引市場について言及している。それゆえ、今後の課題として最適なCO₂排出取引価格を提案することが考えられる。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究(B)(課題番号:17H02042)、基盤研究(B)(課題番号:19H02380)を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] International Maritime Organization (IMO), Second IMO Study 2009
- [2] Corbett, J.J., Wang, H.F., and Winebreke, J.J., "The effectiveness and costs of speed reduction on emissions from international shipping" *Transportation Research Part D*, 14(8), 593–598, 2009.
- [3] 花岡伸也, "国際海運における環境費用を考慮した船舶速度の推計" *海運経済研究* 47, 85–93, 2013.