

AIS データを用いた東京湾における船舶の挙動分析 Behavioral Analysis of the Ships in Tokyo Bay Using AIS Data

指導教授 川崎 智也 轟 朝幸 2134 諸橋 洋平

1. はじめに

首都圏に隣接する東京湾には、東京港・横浜港・川崎港の国際戦略港湾が存在し、大型コンテナ船や原油・液体ガスを運搬する危険物積載船が常時出入港している。航行船舶が多い上に航行海域が制約されており、瀬田ら¹⁾は航路内において操船者が許容できない危険な状況が頻繁に発生していることを明らかにした。この研究において船舶の操船困難性の評価をしているが、船舶の避航挙動については明らかにされていない。

堂崎²⁾は航行環境を改善するために、東京港を航行する船舶の AIS (船舶自動識別装置) のデータを用いて、船舶の避航挙動特性を明らかにした。しかし、避航挙動に最も影響する周辺船舶からの影響を反映できるモデルではない。

そこで本研究では、それらの問題を解決するために、新たに周辺船舶からの影響として井上ら³⁾が示した航過距離をモデル的に組み込み、離散選択型船舶挙動モデルの構築を行い、船舶の行動選択への影響要因をより詳しく分析する。

2. 研究方法

初めに、AIS データから、衝突の危険性がある事象を抽出する。その後、抽出した事象を状況別に分けデータ作成を行う。離散選択型船舶挙動モデルは堂崎²⁾のモデルを参考に航過距離をモデル的に組み込みモデルを定式化、パラメータ推定を行い、AIS データを用いて再現性の検証を行いモデルの評価を行う。パラメータ推定には、自船の周辺 (660m 以内) に船舶が存在する場合のデータを船長別に分けて分析する。

3. 研究対象海域と使用データ

対象とする海域を図-1に示す。本研究は、京浜港東京港区及び川崎港区の一部を対象に行う。全長が 50m を超える船舶については、指定された航路を通航することが義務付けられており、航路には船舶が集中する。AIS データは、2013 年 10 月 7 日から 13 日までの 1 週間分を使用する。1 日に 200 隻以上の船舶が通航し、特に午前 6 時から 7 時に通航する船舶が多い。AIS データは、499 総トン以下の船舶には AIS 端末の搭載義務がないため、

AIS データより観測される船舶が全てではない。観測される以上の船舶が存在すると考えられるが、本研究では AIS データにより観測できる船舶のみを対象に分析を行う。観測された船舶の 1 時間ごとの航行船舶数を表-1 に示す。



図-1 研究対象海域

表-1 1時間ごとの航行船舶数

月	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	日航行船舶数
火	5	2	1	2	6	15	32	39	28	21	20	27	34	27	31	33	32	30	27	17	16	14	7	6	201
水	3	2	4	8	12	13	33	33	23	23	16	24	38	31	24	30	37	38	18	19	23	14	6	5	180
木	4	4	2	0	3	14	39	40	28	24	23	24	25	23	35	29	29	39	25	18	15	9	9	17	212
金	8	6	4	4	12	22	31	36	26	26	32	34	34	19	21	27	35	36	29	29	16	11	11	10	197
土	10	4	5	5	9	17	32	27	15	11	18	18	26	25	22	18	25	33	23	10	9	8	7	5	167
日	4	2	0	3	5	9	17	22	12	6	2	9	23	18	9	13	18	28	21	16	11	7	9	4	149

4. 船舶挙動モデルの構築

船舶行動の選択枝空間を図-2に、限界航過距離式を(1), (2), 本研究で構築したモデル式を式(3)に示す。

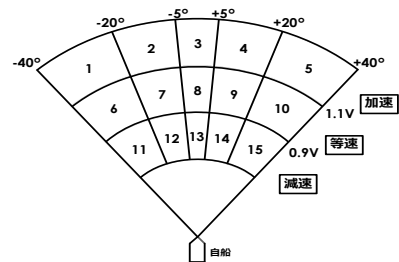


図-2 船舶行動の選択枝空間

このモデルでは、ある時点において船舶が 1 分後にとる行動を図-2に示す 15 個の選択枝で表している。速度は、加速、等速、減速の 3 つで表す。方向は、5° 未満の旋回を直進、左右それぞれ 5° から 20° の旋回、20° から 40° の旋回の 5 つで表す。

$$F_A = (0.015L_t + 2.076)L_0 \quad (1)$$

$$S_p = (0.008L_t + 0.667)L_0 \quad (2)$$

$$V_i = \beta_1 \cdot V + \beta_2 \cdot \frac{y}{W} + \beta_3 \cdot \theta + \beta_4 \cdot F_A + \beta_5 \cdot S_p \quad (3)$$

- V:現在の速力と選択枝の速力の差
- θ :選択枝の方位と目的地の方位の差
- W:航路の幅
- y:航路右端までの距離
- F_A : 限界航過距離 (船首方向)
- S_p : 限界航過距離 (左右方向)
- V_i : 択枝 i の効用関数
- β_k : k 番目の説明変数のパラメータ
- L_0 : 自船の船長
- L_t : 他船の船長

5. 推定結果と再現性の検証

(1) パラメータ推定結果

全データの場合と、船長別に分けたデータのパラメータ推定結果を表-2に示す。限界航過距離 SP の t 値が低いので船舶は左右方向からの影響は受けず、船首方向からの影響を受けることがわかった。また船舶の行動要因として航路右端までの距離が船舶の行動選択に最も影響を与えている。全パラメータの符号条件は想定と合致しており、自由度調整尤度比は 0.4 と、適応度が高いモデルだと考えられる。だが船長別に分けると t 値が低いので、周辺船舶からの影響を受けてはいないと考える。これは船長が短いほど旋回性能が高く、長いほど低いので旋回性能差から生じたと考えられる。

表-2 パラメータ推定結果

	全データ		船長120m以下		船長120m~240m以下		船長240m以上	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
β_1 : 現速力との速力差	-1.93	-18.75	-2.07	-12.06	-1.96	-11.85	-1.6	-8.08
β_2 : 航路右端までの距離	-8.25	-4.85	-3.19	-1.37	-15.8	-5.08	-14.8	-2.6
β_3 : 目的地方向との方位差	-0.545	-15.99	-0.0393	-8.7	-0.734	-11.96	-0.743	-6.42
β_4 : 限界航過距離FA	-0.584	-2.15	-0.79	-1.8	-0.619	-1.49	-0.176	-0.22
β_5 : 限界航過距離SP	-0.402	-1.54	-0.598	-1.4	-0.258	-0.68	0.693	-0.88
自由度調整尤度比	0.4		0.347		0.45		0.399	
サンプル数	740		289		352		99	

(2) 再現性の検証

(1) よりパラメータを求め、選択結果より全データの場合と、船長別に分けたデータを用いた場合の2パターンで再現性を検証した。結果を図-3に示す。選択結果を見ると、構築したモデルは、速度の変更を行う確率がかなり低い。また、進路の変更を伴う行動は実際の行動より大きく旋回することが多い。頻度分布図を見ると、実際には直進方向が選択されているが、モデルによる選択結果では変針していることが多い。

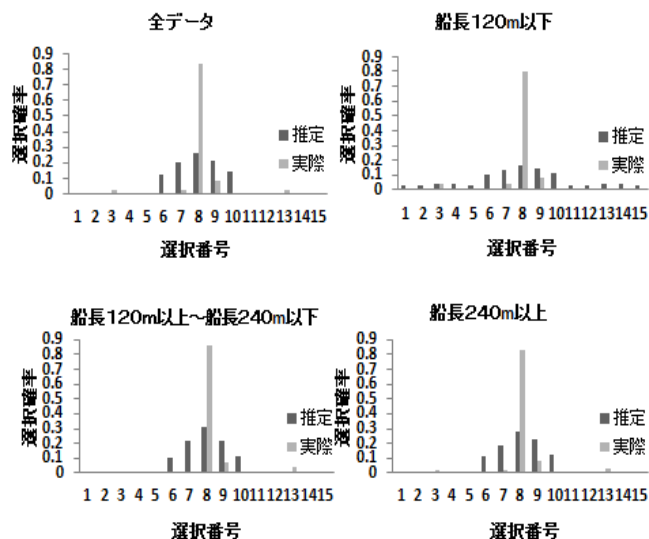


図-3 パラメータ推定結果

6. おわりに

本研究では、15 個の選択枝空間を定めて新たに離航過距離をモデル式に組み込み、散選択型モデルを構築した。周辺船舶の影響要因として、限界航過距離を入れることによって避航挙動に最も影響する周辺船舶からの影響を反映できる妥当なモデルになった。このことから船舶は、限界航過距離を確保して航行していることがわかった。

分析の結果、船舶は航路右端までの距離の影響が大きいことが明らかとなった。これは船舶が規則を守って航行しているからだと推測される。航路幅を増やすことで、船舶がより安全に航行できると考えられる。

今後の課題として、船長別に分けると周辺船舶からの影響を受けてはいない結果となるので、周辺船舶からの影響を加えるため、船長の長さによって変化する新たな説明変数を加える必要がある。また今回作成したモデルで対応できていない、霧や潮の流れなどの外部要因を加えるため、対象地点や対象海域を増やし、再度離散選択型船舶挙動モデルの構築を行う必要がある。

参考文献

- 1) 瀬田広明, 大木未来, 白井英夫, 酒出昌寿: 三大湾の海上交通解析—AIS 搭載船の操船困難度評価—日本航海学会論文集第 123 号, pp.13-19, 2010.
- 2) 堂崎達也, 川崎智也, 轟朝幸: AIS データを用いた船舶の動静分析, 平成 26 年度日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文概要集, pp.83-84, 2014.
- 3) 井上 欣三: 操船の理論と実際, pp.170-172, 交通研究協会出版, 2011.