

D-6

AIS データを用いた船舶の動静分析  
Analysis of Vessel Movement Using AIS Data

指導教授 川崎 智也 轟 朝幸 1090 堂崎 達也

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<sup>1)</sup>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。既存研究では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。航行環境の改善には航行規則の見直しや航路の整備などが考えられるが、そのためには船舶の避航挙動特性を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、東京港を航行する船舶の AIS データを用いて避航挙動を明らかにする。その結果をもとに離散選択型船舶挙動モデルを構築し、船舶の行動選択への影響要因を分析する。

2. 研究方法

AIS データよりすべての船舶の位置情報を地図上にプロットし、船舶が接近する事象を抽出する。さらに、速力や針路、船舶の大きさなどを考え、衝突の危険性がある事象を抽出する。抽出した事象から避航挙動を把握し、速力や針路の変化、規則に従って航行しているかなど、船舶の行動特性を明らかにする。離散選択型船舶挙動モデルは Shiomi et al.<sup>2)</sup> のモデルを参考にモデルを定式化、パラメータの推定を行い、AIS データを用いて再現性を検証し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のみを用いる。

3. 研究対象海域と使用データ

(1) 研究対象海域

研究対象海域は図-1 に点線で示す範囲で、東京港第一航路内を対象とする。同航路は危険な航行環境が頻出していることが、既存研究より示されている。東京港は港則法の適用を受けた海域であり、全長が 50m を超える船舶は指定された航路を通行することが義務付けられている。また、航路内では並航や追い越しの禁止、右側通航などの航行規定が定められている。

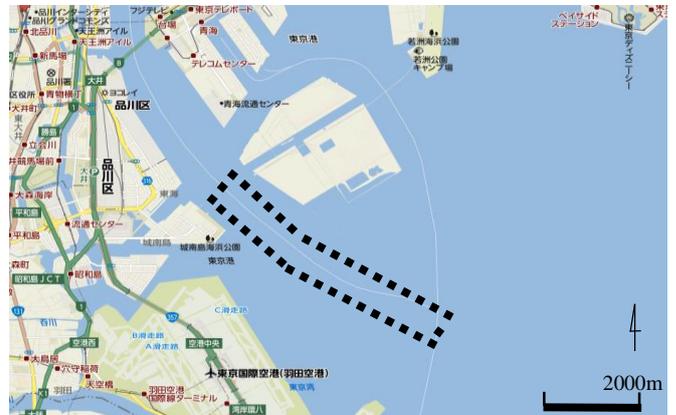


図-1 研究対象海域 (Yahoo 地図より作成)

(2) 使用データ

京浜港東京港区の 2013 年 10 月 7 日 (月) から 13 日 (日) までの 1 週間分の AIS データを使用する。AIS データは船舶に設置された端末から送信される情報であるが、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。実海域には観測される以上の船舶が存在するが、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。

表-1 1 時間ごとの航行船舶数

	時間別航行船舶数(隻)																							日航行船舶数(隻)	
	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
月	2	3	4	7	7	9	37	42	28	17	19	32	29	21	21	25	27	33	25	15	12	16	13	5	216
火	5	2	1	2	6	15	32	39	26	21	20	27	34	27	31	33	32	30	27	17	16	14	7	8	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	36	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	8	17	32	27	15	11	18	18	28	25	22	18	25	33	23	16	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. モデルの定式化

モデル式を式(1)に、船舶行動の選択肢空間を図-2 に示す。

$$V_i = \beta_1 \cdot V_1 + \beta_2 \cdot \theta + \beta_3 \cdot \frac{y}{W} + \beta_4 \cdot m \quad (1)$$

$V_i$ : 選択肢 i の効用関数

$\beta_k$ : k 番目の説明変数のパラメータ

$V_1$ : 現在の速力と選択肢の速力差

$\theta$ : 選択肢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

$m$ : 周辺船舶との最接近距離

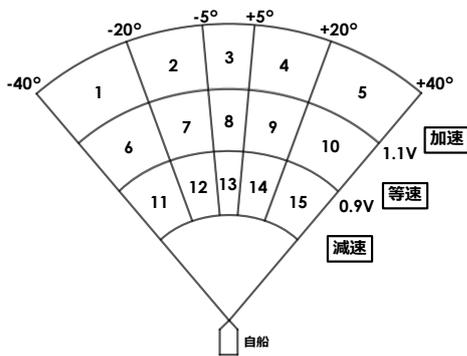


図-2 船舶行動の選択肢空間

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個の選択肢で表している。速度は、加速、等速、減速の3つで表す。AISデータの分析結果より、船舶は大きな速度変化を避ける傾向にあり、加減速を伴う行動は選択されにくいと考えられる。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。AISデータの分析結果より、船舶は規則に従い定められた航路内を右側通航で航行しており、航路から外れる方向は選択されにくいと考えられる。

5. 推定結果と再現性の検証

(1) パラメータ推定結果

全データを用いた場合と、すれ違いのみのデータを用いた場合の2つのパラメータ推定結果を表-2に示す。 $\beta_1 \cdot \beta_2$ は負の効用となり、速力の変化、目的地方向との方位差が大きいほど選択されにくくなる。 $\beta_3$ は、パラメータ値が最も大きく、航路右端までの距離が船舶の行動選択に大きく影響していると言える。 $\beta_4$ は、t値が小さく、統計的有意とは言えない。周辺船舶の影響を反映するために他船との最接近距離を説明変数に入れたが、有意な値を得るには、すれ違いや追い越し、横切りなどの状況を細かく場合分けしてパラメータ推定を行う必要があると考えられる。

表-2 パラメータ推定結果

	全データ		すれ違いのみ	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
$\beta_1$ : 現速力との速力差	-1.93	-18.75	-2.00	-5.39
$\beta_2$ : 目的地方向との方位差	-0.0537	-15.93	-0.0716	-5.3
$\beta_3$ : 航路右端までの距離	-7.96	-4.72	-14.1	-2.11
$\beta_4$ : 他船との最接近距離	-0.263	-0.15	5.18	0.93
自由度調整済尤度比	0.399		0.436	
サンプル数	740		70	
的中率	41.62%		48.57%	

(2) 再現性の検証

式(1)より効用関数を求め、選択結果より再現性を全

データの場合とすれ違いのみの場合の2つのパターンで検証したものを図-3, 図-4に示す。選択結果を見ると、構築したモデルでは速力の変更を伴う行動は選択されていない。また、針路の変更を伴う行動は実際より多く選択されている。頻度分布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。

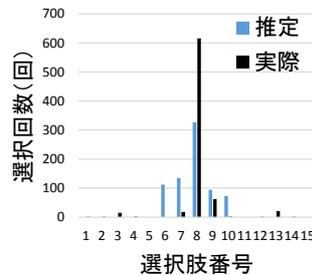


図-3 再現性 (全データ)

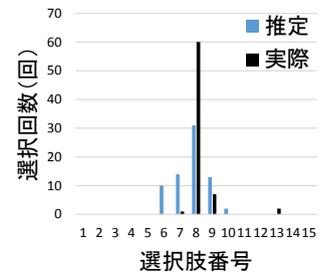


図-4 再現性 (すれ違いのみ)

6. おわりに

本研究では船舶の行動特性を分析し、その結果より15個の選択肢空間を定めて離散選択型モデルを構築した。しかし、避航挙動への影響が大きいと考えられる $\beta_4$ のt値が小さく、周辺船舶からの影響を反映できるモデルにはなっていない。推定結果から、船舶は航路から受ける影響が大きいことが明らかとなった。航路右端までの距離が小さいほど選択されやすく、船舶は航路右端に沿って航行していると考えられる。航路を整備し航路幅を拡幅することで、船舶間の距離を大きくすることができる考えられる。 $\beta_4$ はt値が小さく統計的有意とは言えないが、全データを用いた場合とすれ違いのみの場合でパラメータ・t値が大きく変化したことから、状況ごとにデータを細かく分けてパラメータ推定を行うことで有意な結果を得られると考えられる。状況の変化による行動選択への影響をより詳しく分析することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 瀬田広明, 大木未来, 臼井英夫, 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) Yasuhiro SHIOMI, Teruaki HANAMORI, Nobuhiro UNO, Hiroshi SHIMAMOTO: Modeling Mixed Traffic Flow with Motorcycles Based on Discrete Choice Approach, TRB 93rd Annual Meeting Compendium of Papers, 2014.