

PS-20 洋上発電設備周辺の海上交通の分析

海洋リスク評価系 * 河島 園子、伊藤 博子、木村 新太

1. はじめに

近年、自然再生エネルギーの需要の高まりから各種発電施設の海域利用が進んでいる。福島沖では浮体式洋上風力発電の実証研究¹⁾が行われ、4基目の設置が始まろうとしている。

一方、浮体式洋上風力発電設備（以下、浮体設備）設置に伴う船舶交通の影響が懸念されている。周辺海域での海上交通の実態の把握が必要となると共に、海域での船舶と浮体の安全な共存のために衝突危険性の推定も重要である。

本研究では、船舶の誤操船や浮体設備の漂流等による浮体設備近傍での衝突に着目し、浮体設備設置により設けられた航行制限区域の海上交通をAISデータより調査した。そして、その実態や安全な離隔距離の検討結果に基づき、船舶と浮体設備の衝突危険性を算出した。また、当該海域を航行する船舶全体の海上交通の分析ため、ARPAデータよりAIS非搭載船舶の動向を検討し、浮体設備近傍の通過船舶数を推定した。

2. 浮体設備設置海域

浮体設備は、2013年に2基、2015年に1基を設置し、2016年に4基目の設置及び実証運転を予定している（表1）。4基目は「ふくしま未来（図1参照）」の北側に設置予定である。

設置に伴い、船舶は航行安全上、浮体設備から1NM以上の離隔距離をとることが求められる。他船との衝突防止等の航行安全を図る際は「離隔距離確保依頼区域」を航行できる。

表1 福島県沖浮体式洋上風力発電設備

名称	設備種類	設置月	北緯37度	東経141度
ふくしま絆	洋上サブステーション	2013.7	18分39秒	14分24秒
ふくしま未来	2MW洋上風力発電設備	2013.7	18分38秒	15分46秒
ふくしま新風	7MW洋上風力発電設備	2015.7	17分41秒	15分44秒
ふくしま浜風	5MW洋上風力発電設備	2016年内	---	---

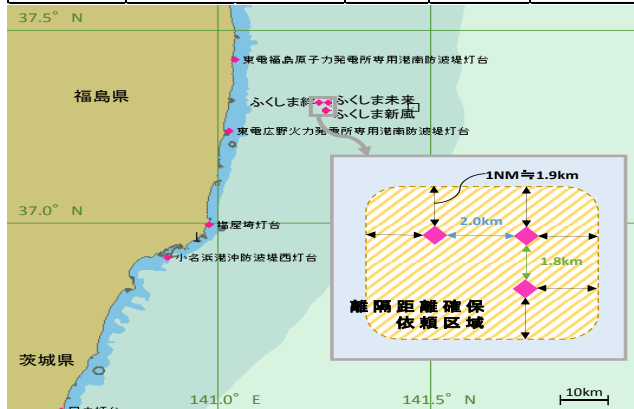


図1 福島県沖浮体式洋上風力発電設備設置海域

3. AIS搭載船舶の海上交通

AIS搭載船舶の海上交通の実態把握は、海域に設置した仮想ゲートを通じた船舶のAISデータの取得により行った。

3.1 ゲート通過船舶数

2基のみ設置時（2013年12月24日～2014年2月25日）と3基設置時（2015年9月1日～10月31日）のふくしま絆・未来の平均緯度上のゲート通過船舶数を、それぞれ表2と表3に示す。通船は、港と浮体設備を往来する船舶を指す。

表2と表3より、離隔距離確保依頼区域（表の「制限海域」）内を通船以外の船舶が航行していることがわかった。しかし、表2の時期は表3より船舶数が多い結果となった。これは、進路が一定でない船舶の存在や浮体設備設置の周知不足等の不確定要素が、設置当初に多いことが原因と考えた。

一方、各浮体設備からの距離が0.5NM以上の海域（離隔距離確保依頼区域内）では、船舶数が増大していた。

表2 仮想ゲート通過船舶数（2基設置時）

各浮体設備からの距離		全船舶数	通船	一般船舶
総数		3576	---	---
制限海域	浮体設備間	19	17	2
	0～0.25NM	8	7	1
	0.25～0.5NM	14	0	14
	0.5～1.0NM	129	0	129

表3 仮想ゲート通過船舶数（3基設置時）

各浮体設備からの距離		全船舶数	通船	一般船舶
総数		3632	---	---
制限海域	浮体設備間	12	12	0
	0～0.25NM	12	12	0
	0.25～0.5NM	7	3	4
	0.5～1.0NM	84	5	79

3.2 船種別隻数と離隔距離の実態

次に、3基設置時の離隔距離に対する船種別隻数を、浮体設備の陸側（図2）、沖側（図3）に分けて調査した。"<1.0NM"（0.5-1.0NM）では客船も航行していることがわかった。

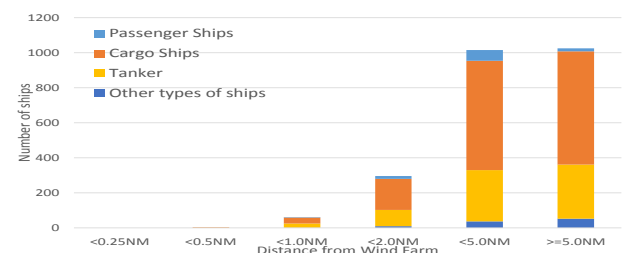


図2 浮体設備の陸側の船種別隻数

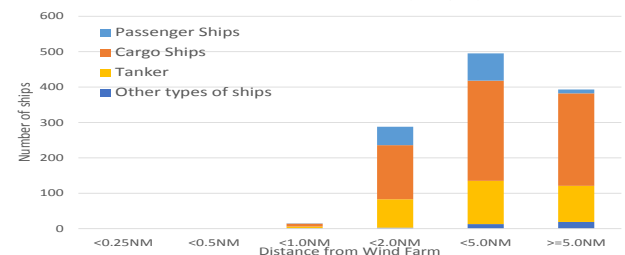


図3 浮体設備の沖側の船種別隻数

本実証研究の離隔距離は1NMであるが、実際は0.5-1.0NMを航行する船舶が客船を含めて多く存在することがわかった。

4. 衝突危険性

船舶の浮体設備への衝突を検討する要素として離隔距離がある。そこで、ある離隔距離以下で浮体設備を通過した船舶を対象に、その衝突危険性を検討した。

4.1 衝突頻度の算出方法

浮体設備への衝突危険性の検討を、衝突頻度を指標として行った。衝突頻度 P (隻/年) は、幾何学的衝突回数 N_G (避航動作を考慮しない衝突発生数(隻/年)) と原因確率 P_C (事故状況確率) より推定する (1) 式のモデルが提案されている。

$$P = N_G \cdot P_C \quad (1)$$

N_G は船舶情報のみで決定し、複数の研究者による推定式が存在する。本研究では、大胆な進路変更をせずに危険区域に進入する船舶数を N_G とした。危険区域は第 4.2 節で定義する。

P_C は操船技術や事故状況等により決定し、2 船間の衝突は 10^{-4} と推定される。本研究で対象とする浮体設備への衝突は、固定物との衝突と考えることができるため、乗揚げや障害物との衝突確率として使用される $10^{-3.7}$ を P_C とした²⁾。

4.2 離隔距離 (危険区域)

船舶領域理論とレーダー結果による離隔距離のリスク許容度の検討研究によると³⁾、離隔距離が 0.5NM 以内の海域は航行の危険度が高い。更に今回、浮体設備との離隔距離が 0.5NM 以上の海域での航行船舶が多く存在したため、本研究では 0.5NM 以内の海域を衝突危険海域とし、 N_G を推定した。

4.3 衝突頻度

2 基と 3 基設置時の 0.5NM 内の衝突頻度を、(1) 式のモデルに基づき、表 2 と表 3 の船舶数より算出した結果、表 4 の衝突頻度が得られた。衝突頻度は、第 3.1 節で述べた原因や状況により異なるが、オーダーは $10^{-3} \sim 10^{-2}$ (隻/年) となることが AIS データよりわかった。

表 4 2 基及び 3 基設置時の衝突頻度

	幾何学的衝突回数 N_G	原因確率 P_C	衝突頻度 P
2基設置時	96.95 隻/年	0.0002	0.0194 隻/年
3基設置時	23.93 隻/年	0.0002	0.0048 隻/年

5. AIS 非搭載船舶の海上交通

前章までは AIS データの解析を行った。本章では、浮体設備周辺の AIS 非搭載船舶の動向を検討し、当該海域の航行船舶全体の海上交通を把握するため、福島沖を航行する調査船のレーダー・ARPA 装置より AIS 非搭載船舶データを取得した。

5.1 AIS 非搭載船舶の航行状況

ARPA データは、2 基のみ設置時 (2013 年 12 月 24 日～2014 年 2 月 25 日) における北緯 37.0～37.1 度を中心に取得できた。図 4 に北緯 37.0 度における陸 (東経 140.8 度) から 1NM ごとの通過船舶数を示す。図 4 の ARPA データ数は少ないが、福島沖全体の取得データの船舶数に着目すると、ARPA データ数は AIS データ数の約 0.98 倍であった⁴⁾。

また、表 5 に北緯 37.0～37.1 度の航行船舶の時々刻々の進路の平均と標準偏差を示す。標準偏差は AIS と ARPA 共に値が小さかった。これは、福島沖の航行船舶の大半が、進路を大きく変えることなく航行していることを示すと考えた。

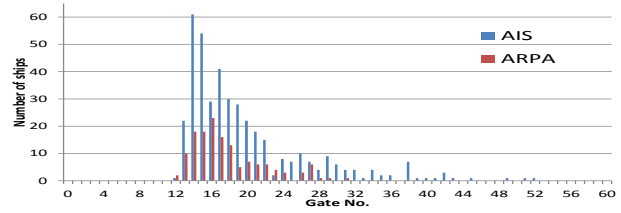


図 4 AIS と ARPA データによる北緯 37.0 度通過船舶数

表 5 福島沖航行船舶の進路の平均値と標準偏差

		北航船		南航船	
		AIS	ARPA	AIS	ARPA
各船舶 進路(°)	平均値	10.13	19.25	189.2	194.8
	標準偏差	3.835	4.208	4.916	3.098

5.2 AIS 非搭載船舶の航行位置の推定と衝突危険性

AIS 非搭載船舶の進路をほぼ一定とし、進路を保持して浮体設備近傍 (北緯 37 度 18 分) を通過したと仮定して、図 4 の分布を基に AIS 非搭載船舶数を推定した。AIS 搭載船舶数と非搭載船舶数を 1:1 として換算したところ、表 6 の船舶数が得られた。浮体設備に近寄って航行している船舶も多く、小型な AIS 非搭載船舶は、AIS 搭載船舶より浮体設備近傍を航行すると言える。また、AIS 非搭載船舶を考慮した衝突頻度は表 4 より少し高くなるが、オーダーは変わらなかった。

表 6 AIS 非搭載船舶の北緯 37.3 度推定通過船舶数

各浮体設備からの距離		推定数	換算数
総数		139	334
制限 海域	浮体設備間	2	4.8
	0.0～0.5NM	6	14.4
	0.5～1.0NM	7	16.8

6. まとめ

浮体設備設置による航行制限海域の海上交通の実態及び衝突頻度を検討した。浮体設備から 0.5NM 以上の海域では AIS 搭載船舶が多く観測された。そこで、0.5NM 内を危険区域と考えたところ、その衝突頻度は $10^{-3} \sim 10^{-2}$ (隻/年) となった。

福島沖の AIS 非搭載船舶は、進路を大きく変えずに航行する船舶が多かった。進路情報と分布を基に浮体設備周辺の船舶数を推定したところ、浮体設備近傍を航行する船舶が複数あったが、全体の衝突頻度のオーダーは変わらなかった。

謝辞

本研究の一部は、東京大学からの委託業務「浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業に係る航行安全性の評価」により実施したものです。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 福島洋上風力 <http://www.fukushima-forward.jp/>.
- 2) 藤井弥平他：海上交通工学，pp.79-85，海文堂，1981.
- 3) Maritime and Coastguard Agency (MCA)：Offshore Renewable Energy Installations (OREIs)- Guidance on UK Navigation Practice, Safety and Emergency Response Issues, MGN 371 (M+F)，2008.
- 4) 伊藤博子他：AIS 非搭載船舶を含む船舶通航量の推定，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 19 号，pp.327-330，2014.