風力推進の利用のための代表航路での風速・風向の発現確率

金子杏実　辻本勝

海上技術安全研究所　流体設計系

船にまつわる環境保全対策

- GHG削減戦略
  - 2050年までに総量50%削減
  - 今世紀中にGHGゼロ排出へ

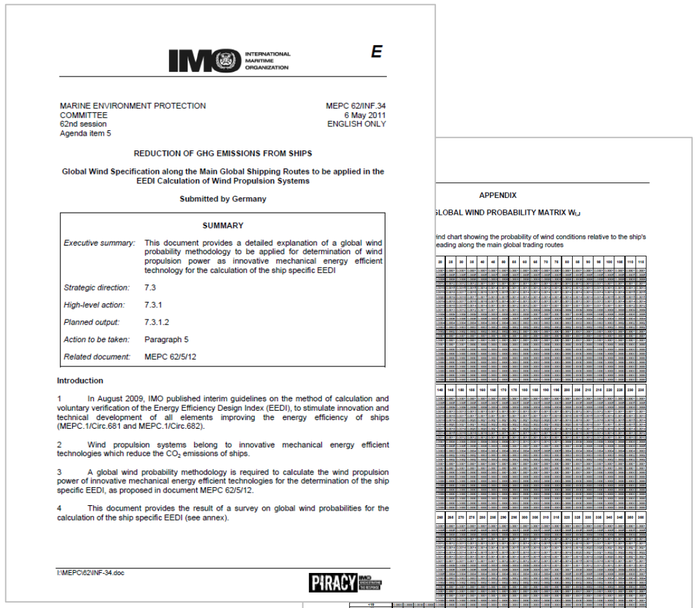
GHGのさらなる削減

- EEDI規制
  - GHG削減のための対策の一つ
  - フェーズ3、その後のあり方も検討
  - 大幅なエネルギー効率改善が必要との見込み
- 省エネ技術搭載船：風力推進への期待

	A	B-1	B-2	C-1	C-2
提言対象		主機出力		補機出力	
船舶性能との分離	×	○	○	○	○
利用可能	-	常時	環境依存	常時	環境依存
例示	低摩擦塗料	空気潤滑システム	風力推進	廃熱回収システム	太陽光発電

革新的省エネ技術のカテゴリ

「風速・風向の発現確率」？



IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

E

MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE
62nd session
Agenda item 5

MEPC 62/INF.34
6 May 2011
ENGLISH ONLY

REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS

Global Wind Specification along the Main Global Shipping Routes to be applied in the EEDI Calculation of Wind Propulsion Systems

Submitted by Germany

SUMMARY

Executive summary:	This document provides a detailed explanation of a global wind probability methodology to be applied for determination of wind propulsion power as innovative mechanical energy efficient technology for the calculation of the ship specific EEDI
Strategic direction:	7.3
High-level action:	7.3.1
Planned output:	7.3.1.2
Action to be taken:	Paragraph 5
Related document:	MEPC 62/5/12

Introduction

1 In August 2009, IMO published interim guidelines on the method of calculation and voluntary verification of the Energy Efficiency Design Index (EEDI), to stimulate innovation and technical development of all elements improving the energy efficiency of ships (MEPC.1/Circ.681 and MEPC.1/Circ.682).

2 Wind propulsion systems belong to innovative mechanical energy efficient technologies which reduce the CO_2 emissions of ships.

3 A global wind probability methodology is required to calculate the wind propulsion power of innovative mechanical energy efficient technologies for the determination of the ship specific EEDI, as proposed in document MEPC 62/5/12.

4 This document provides the result of a survey on global wind probabilities for the calculation of the ship specific EEDI (see annex).

I:\MEPC\62\INF-34.doc

PIRACY

APPENDIX

GLOBAL WIND PROBABILITY MATRIX $W_{i,j}$

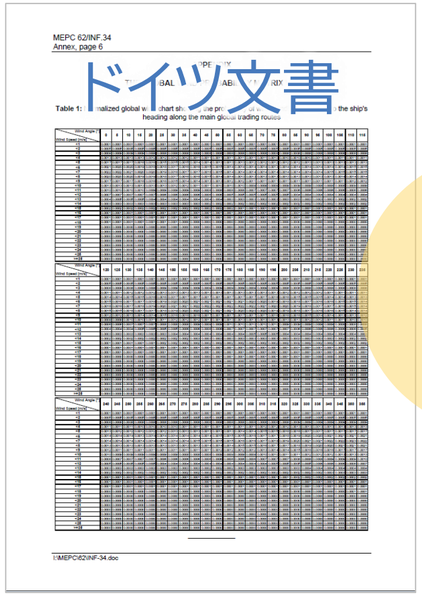
ind chart showing the probability of wind conditions relative to the ship's eading along the main global trading routes

I:\MEPC\62\INF-34.doc

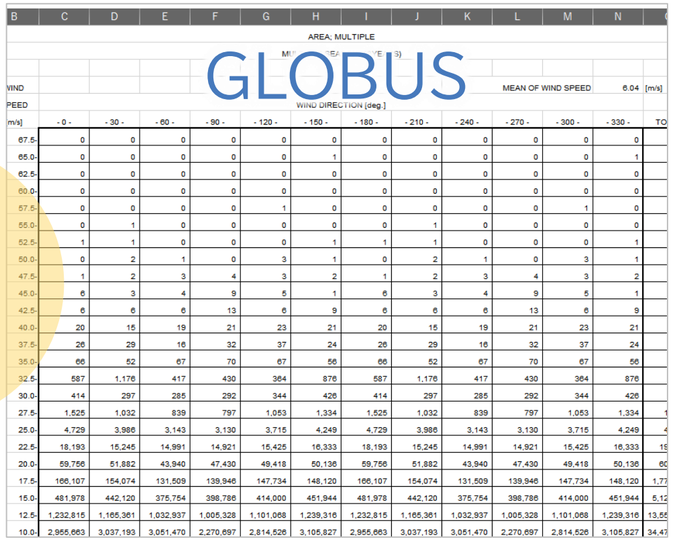
- 船舶で風力推進を利用するには、全球の風速－風向同時発現確率を適用し、効果を適切に評価すること（革新的省エネ技術ガイダンス）
- ドイツより全球の風速・風向発現確率が示されている（MEPC62/INF.34）

評価の流れ

- GLOBUSでMEPC62/INF.34と同じ海域の風速・風向の発現頻度表を作成
- MEPC62/INF.34に記載の発現頻度表と比較し評価する
- 航路別の特性を明らかにする



比較



WIND SPEED [m/s]	- 0 -	- 30 -	- 60 -	- 90 -	- 120 -	- 150 -	- 180 -	- 210 -	- 240 -	- 270 -	- 300 -	- 330 -
67.5-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65.0-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
62.5-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60.0-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57.5-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
55.0-	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
52.5-	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
50.0-	0	2	1	0	3	1	0	2	1	0	3	1
47.5-	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4	3	2
45.0-	6	3	4	9	5	1	6	3	4	9	5	1
42.5-	6	6	6	13	6	9	6	6	6	13	6	9
40.0-	20	15	19	21	23	21	20	15	19	21	23	21
37.5-	26	29	16	32	37	24	26	29	16	32	37	24
35.0-	66	52	67	70	67	56	66	52	67	70	67	56
32.5-	587	1,176	417	430	364	876	587	1,176	417	430	364	876
30.0-	414	297	285	292	344	426	414	297	285	292	344	426
27.5-	1,525	1,032	839	797	1,053	1,334	1,525	1,032	839	797	1,053	1,334
25.0-	4,729	3,986	3,143	3,130	3,715	4,249	4,729	3,986	3,143	3,130	3,715	4,249
22.5-	18,193	15,245	14,991	14,921	15,425	16,333	18,193	15,245	14,991	14,921	15,425	16,333
20.0-	59,756	51,882	43,940	47,430	49,418	50,136	59,756	51,882	43,940	47,430	49,418	50,136
17.5-	166,107	154,074	131,509	139,946	147,734	148,120	166,107	154,074	131,509	139,946	147,734	148,120
15.0-	481,978	442,120	375,754	398,786	414,000	451,944	481,978	442,120	375,754	398,786	414,000	451,944
12.5-	1,232,815	1,165,361	1,032,937	1,005,328	1,101,068	1,239,316	1,232,815	1,165,361	1,032,937	1,005,328	1,101,068	1,239,316
10.0-	2,955,663	3,037,193	3,051,470	2,270,697	2,814,526	3,105,827	2,955,663	3,037,193	3,051,470	2,270,697	2,814,526	3,105,827

評価方法

GLOBUS

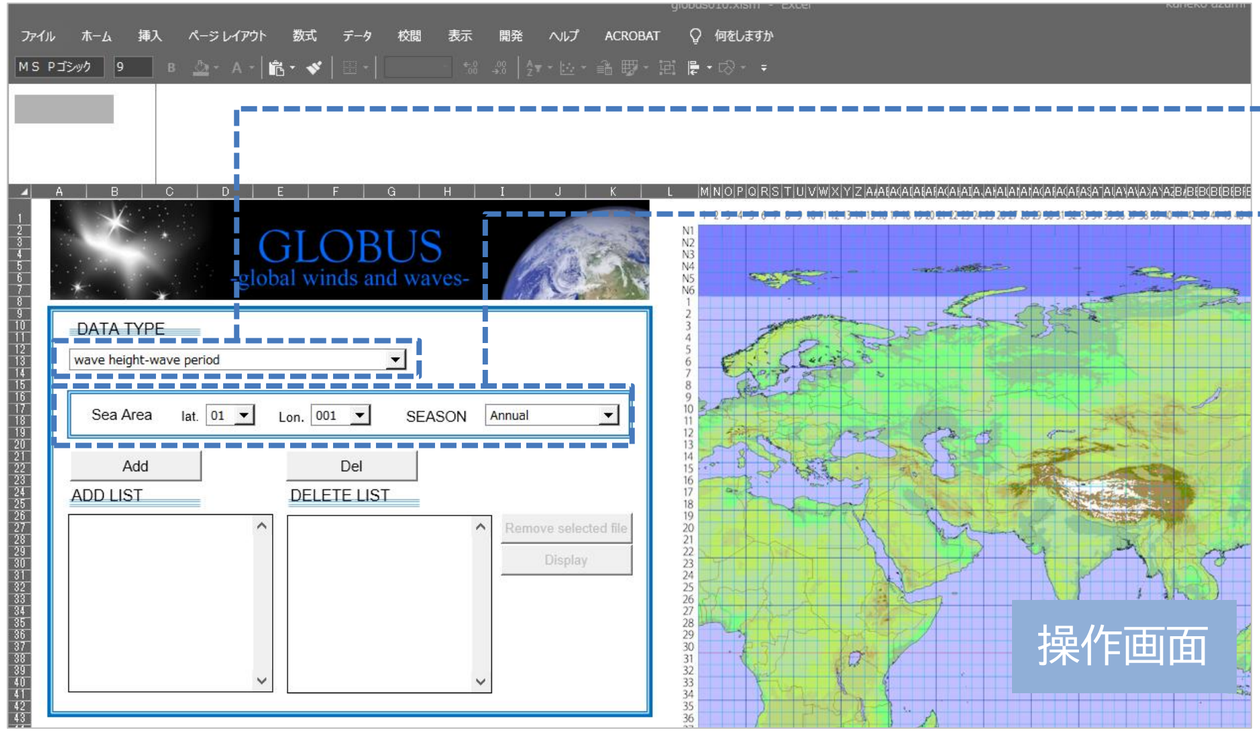
- GLOBUS：全球の波と風データベース
- 風と波に関する気象庁の推算値を、海技研がデータベース化
- 指定の海域において、気象・海象要素から同時発現頻度表を作成
- 5種類の気象・海象要素から2要素（ものにより3要素）で作成可能

データベース化の流れ

① 気象庁の風と波の推算値（GPV）を受信
② 気象・海象の各要素から長期の統計値を求める
③ 発現頻度表の形にする

海域区分	緯度2.5度、経度2.5度
利用可能な気象・海象要素	有義波高、卓越波周期、卓越波向、平均風速、平均風向
データ期間	2006年～2016年（10年間）
風速の定義	海面上から10m

GLOBUS



発現表の種類

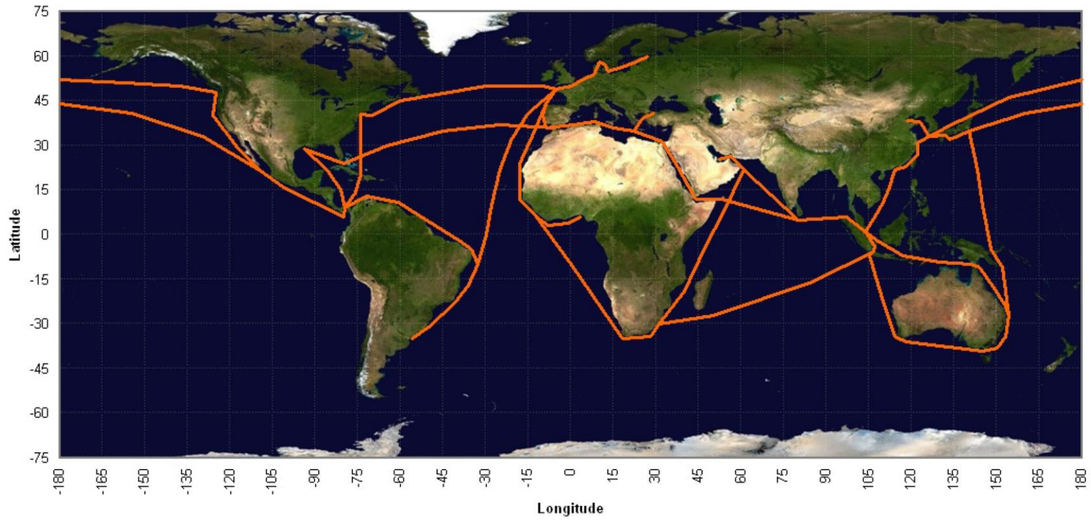
海域

AREA; MULTIPLE
MULTIPLE SEASON (10YEARS)

ADD LIST														
06-012/Annual	WIND											MEAN OF WIND SPEED	6.04	[m/s]
06-011/Annual	SPEED	WIND DIRECTION [deg.]												
07-010/Annual	[m/s]	- 0 -	- 30 -	- 60 -	- 90 -	- 120 -	- 150 -	- 180 -	- 210 -	- 240 -	- 270 -	- 300 -	- 330 -	TOTAL
07-009/Annual	67.5-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-008/Annual	65.0-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
08-007/Annual	62.5-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-006/Annual	60.0-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-005/Annual	57.5-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
07-005/Annual	55.0-	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
08-004/Annual	52.5-	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	6
09-003/Annual	50.0-	0	2	1	0	3	1	0	2	1	0	3	1	14
10-002/Annual	47.5-	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4	3	2	30
10-001/Annual	45.0-	6	3	4	9	5	1	6	3	4	9	5	1	56
16-001/Annual	42.5-	6	6	6	13	6	9	6	6	6	13	6	9	92
15-002/Annual	40.0-	20	15	19	21	23	21	20	15	19	21	23	21	238
15-003/Annual	37.5-	26	29	16	32	37	24	26	29	16	32	37	24	328
15-004/Annual	35.0-	66	52	67	70	67	56	66	52	67	70	67	56	756
15-005/Annual	32.5-	587	1,176	417	430	364	876	587	1,176	417	430	364	876	7,700
16-005/Annual	30.0-	414	297	285	292	344	426	414	297	285	292	344	426	4,116
16-006/Annual	27.5-	1,525	1,032	839	797	1,053	1,334	1,525	1,032	839	797	1,053	1,334	13,160
16-007/Annual	25.0-	4,729	3,986	3,143	3,130	3,715	4,249	4,729	3,986	3,143	3,130	3,715	4,249	45,904
16-008/Annual	22.5-	18,193	15,245	14,991	14,921	15,425	16,333	18,193	15,245	1				
17-009/Annual	20.0-	59,756	51,882	43,940	47,430	49,418	50,136	59,756	51,882	4				
17-010/Annual	17.5-	166,107	154,074	131,509	139,946	147,734	148,120	166,107	154,074	13				
16-010/Annual	15.0-	481,978	442,120	375,754	398,786	414,000	451,944	481,978	442,120	37				
15-010/Annual	12.5-	1,232,815	1,165,361	1,032,937	1,005,328	1,101,068	1,239,316	1,232,815	1,165,361	1,032,937	1,005,328	1,101,068	1,239,316	13,553,660
14-011/Annual	10.0-	2,955,663	3,037,193	3,051,470	2,270,697	2,814,526	3,105,827	2,955,663	3,037,193	3,051,470	2,270,697	2,814,526	3,105,827	34,470,752

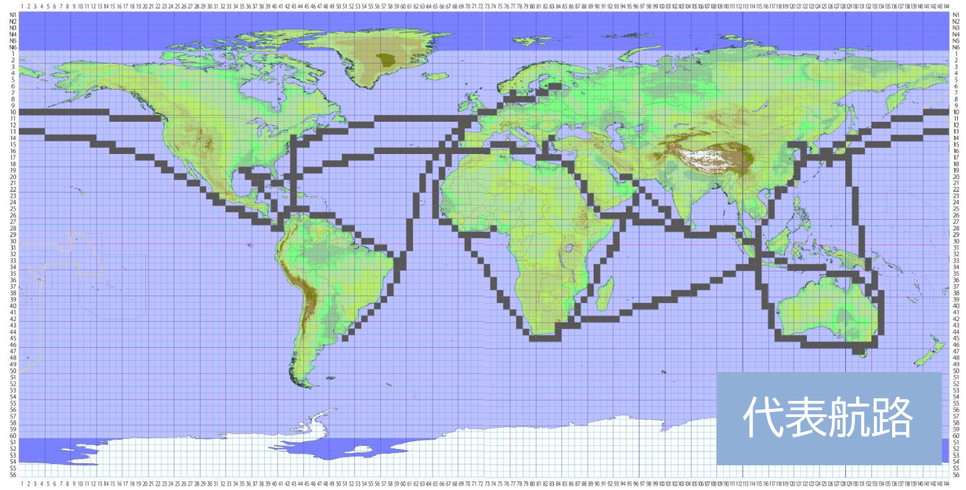
アウトプット

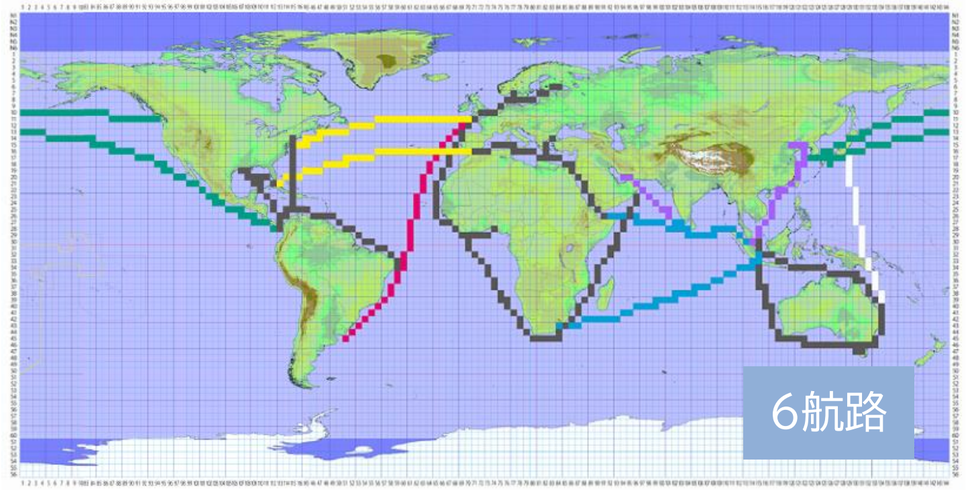
海域の定義



- 全球の風速発現確率(MEPC62/INF.34)において取り上げられた代表航路
  - 全球平均だと、通航の少ない海域も含まれてしまう

海域の定義



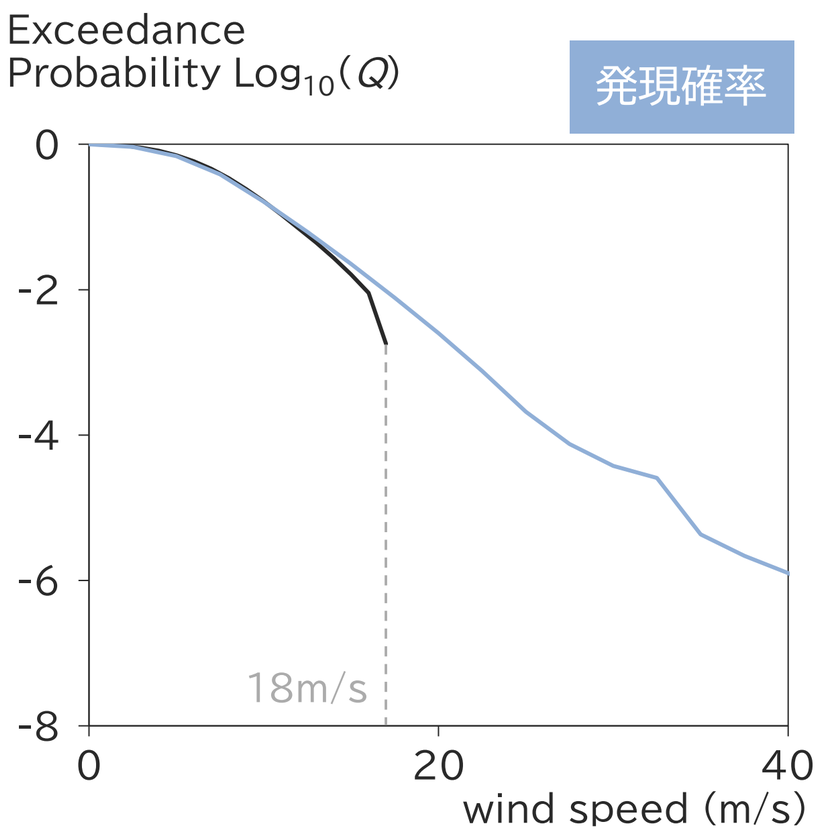


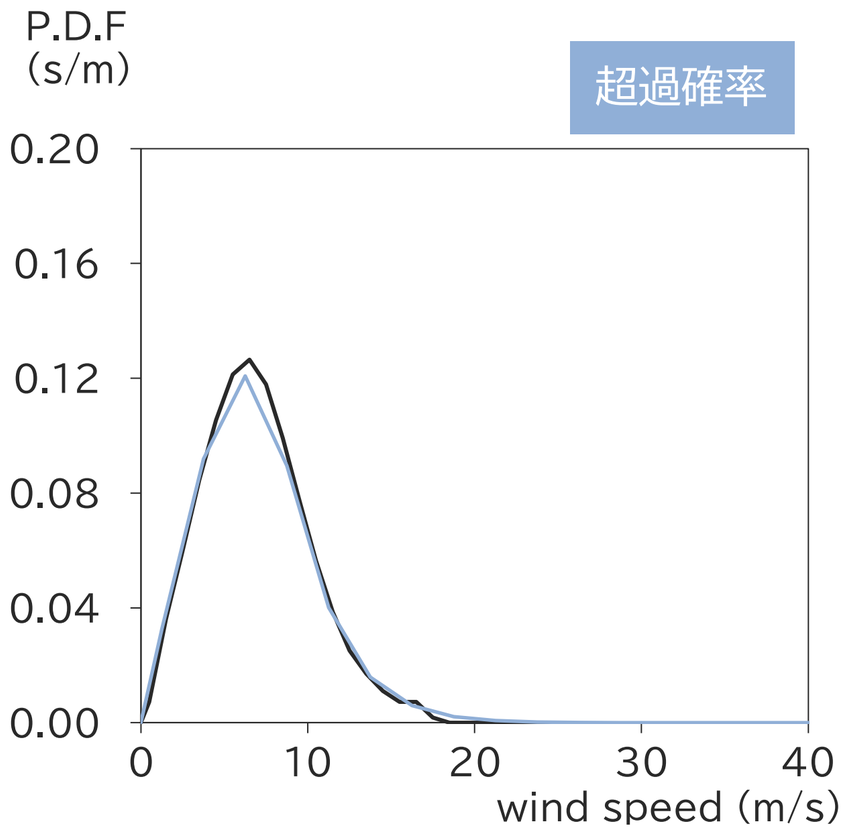
- MEPC62/INF.34に示す代表航路と対応する海域
- 代表航路より抜き出した6航路と対応する海域
  - 北大西洋航路(North Atlantic)
  - 北太平洋航路(North Pacific)
  - インド洋航路(Indian Ocean)

  北寄りルート
  南寄りルート
  - 太平洋南北航路(West Pacific (NS))
  - 大西洋南北航路(Atlantic (NS))
  - 中東ー極東航路(Middle East to Far East)

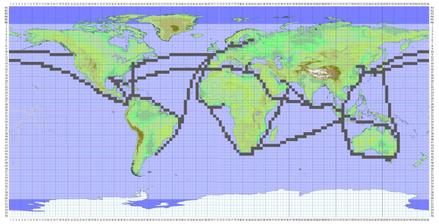
風速に関する評価

代表航路の比較

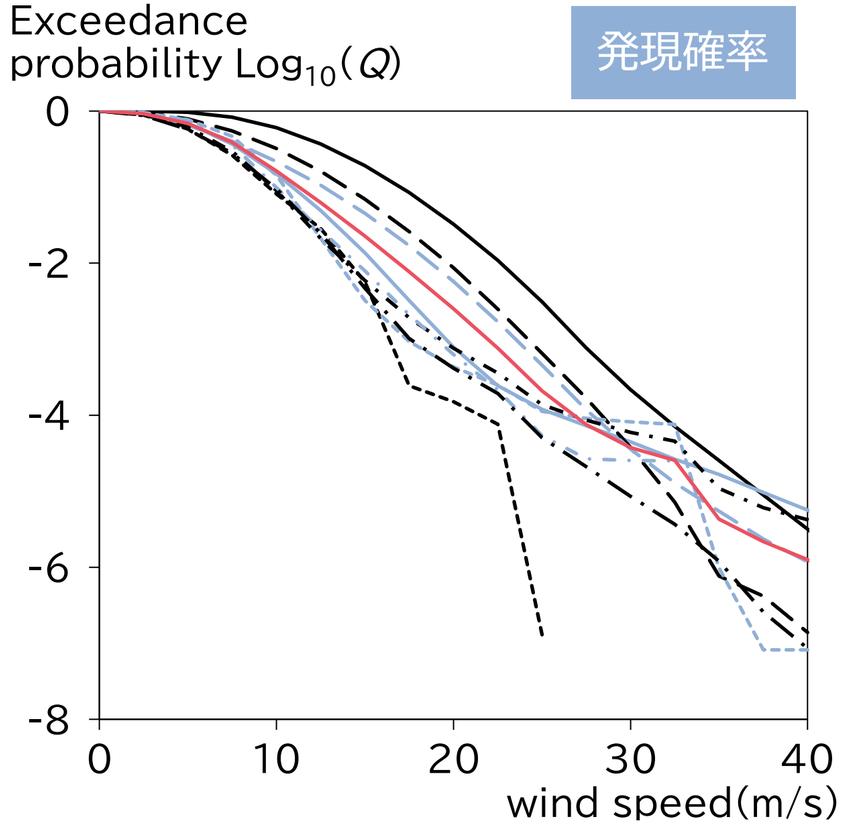




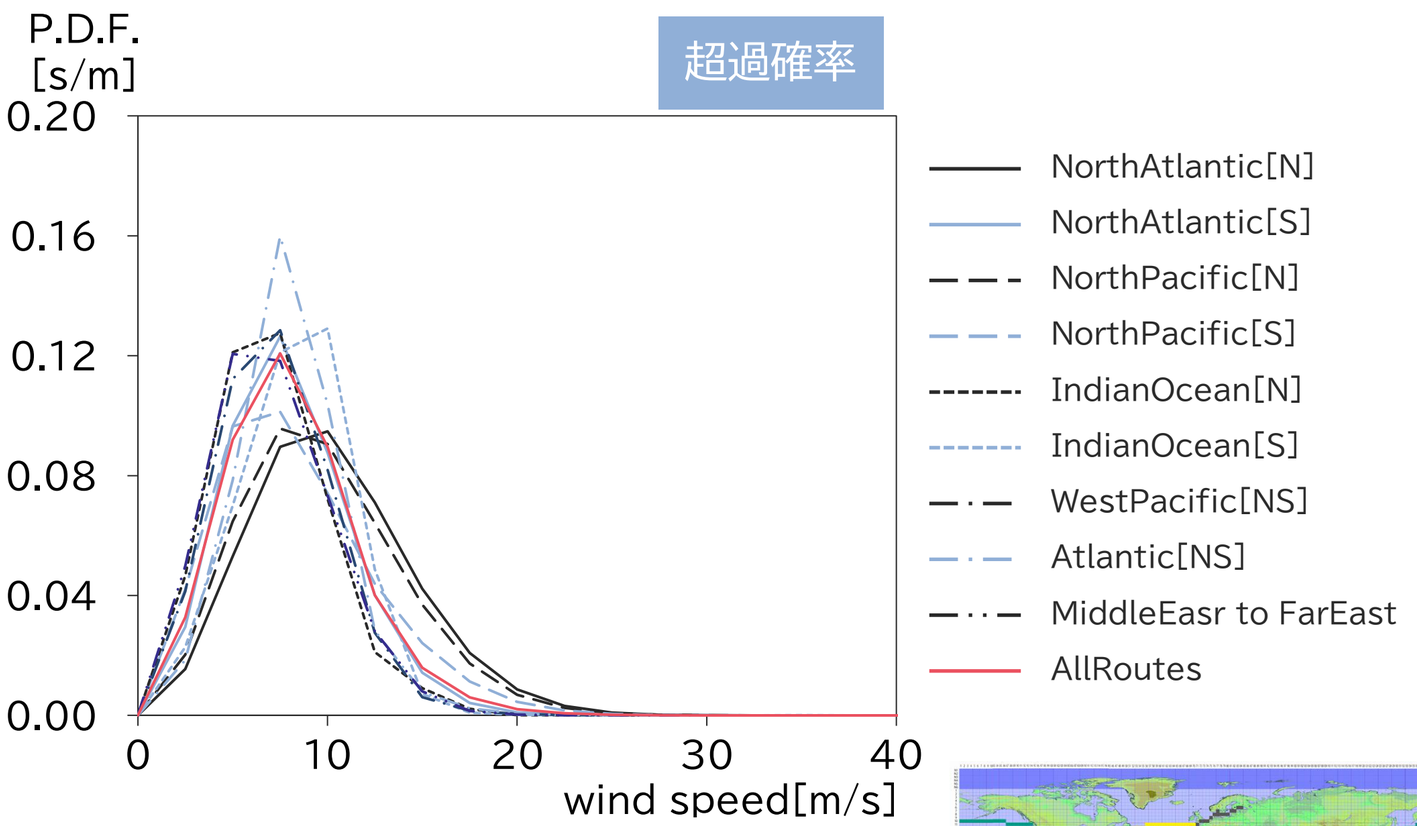
両者の傾向ほぼ一致



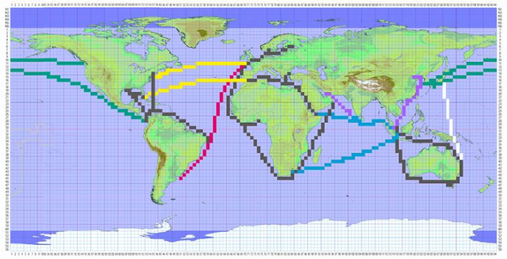
航路別評価(GLOBUSデータのみ)



発現確率



超過確率

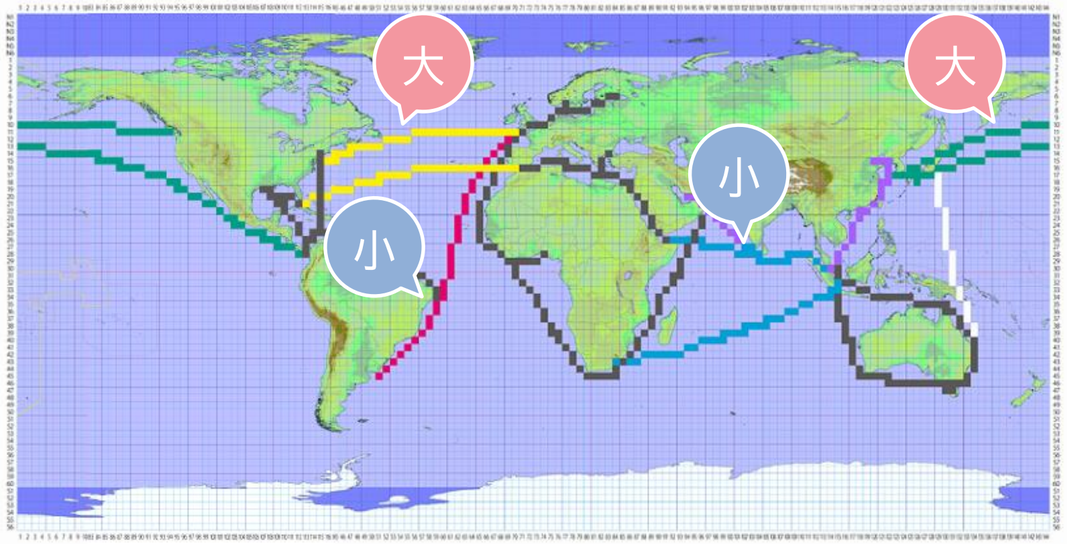


風が強い航路…北大西洋(北)、北太平洋(北)

風が穏やかな航路…インド洋(北)

風速の統計値

	Wind speed（m/s）		
	平均値	1ヶ月に1度	1年に1度
North Atlantic（N）	8.96	20.28	24.75
North Atlantic（S）	6.74	15.87	19.78
North Pacific（N）	8.44	19.81	21.12
North Pacific（S）	7.10	19.06	21.06
Indian Ocean（N）	5.85	14.52	17.15
Indian Ocean（S）	7.11	14.05	17.15
West Pacific（NS）	6.07	15.39	19.48
Atlantic（NS）	6.77	14.73	19.37
Middle East to Far East	7.85	19.14	23.87
All routes	7.64	19.44	24.21

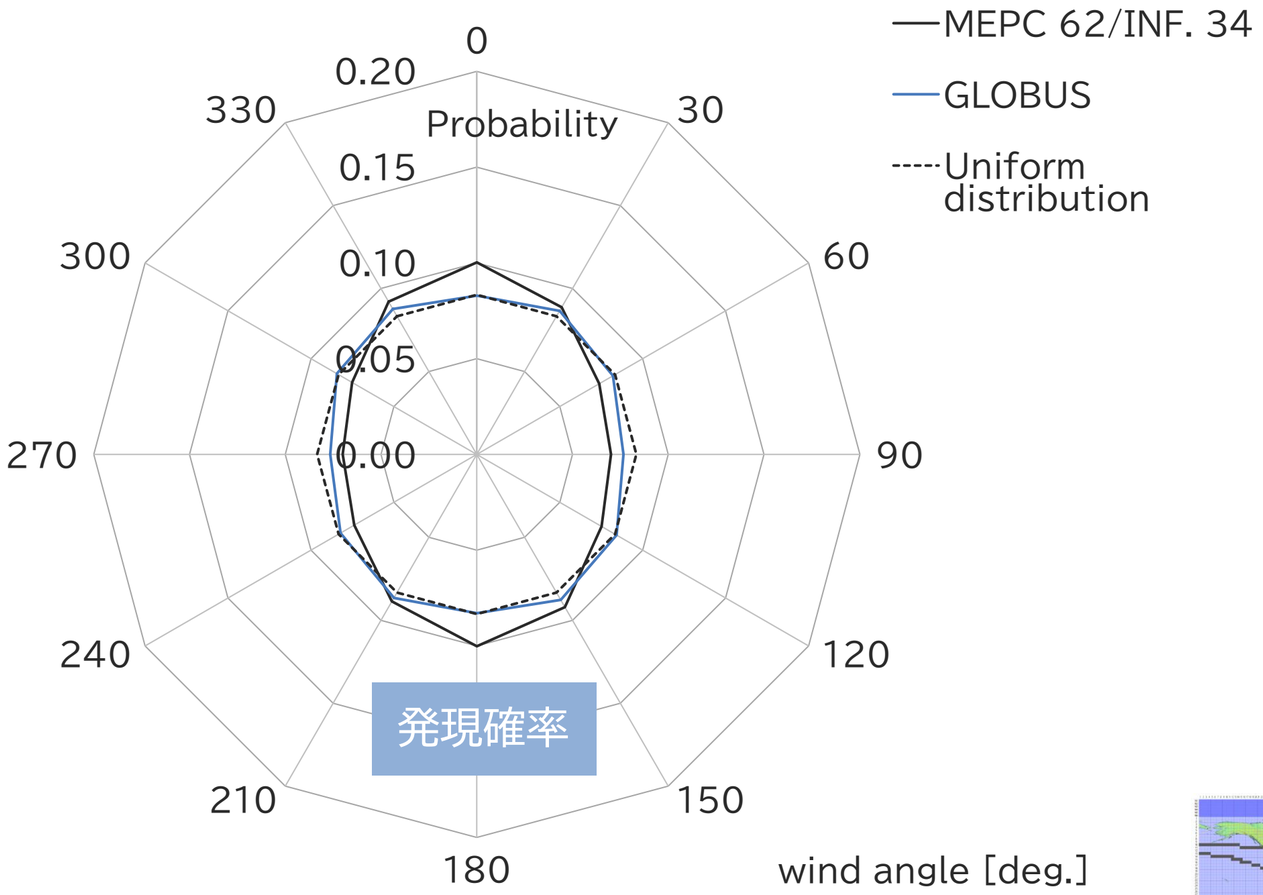


平均値が大きい
（風速の大きい風が起こりやすい）

風力推進の利用に有利

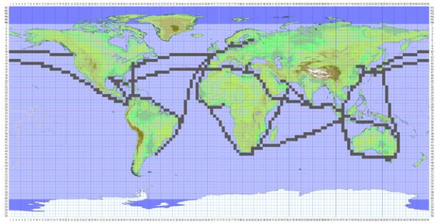
風向に関する評価

代表航路の比較

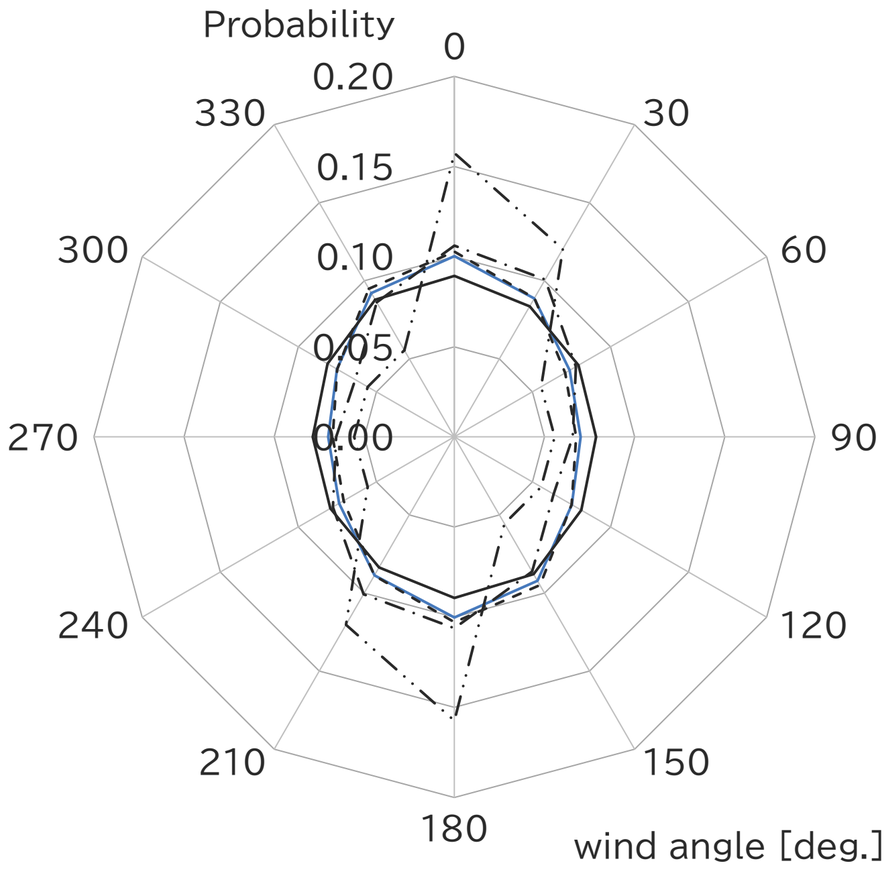


MEPC62/INF.34　船首・船尾方向に偏り

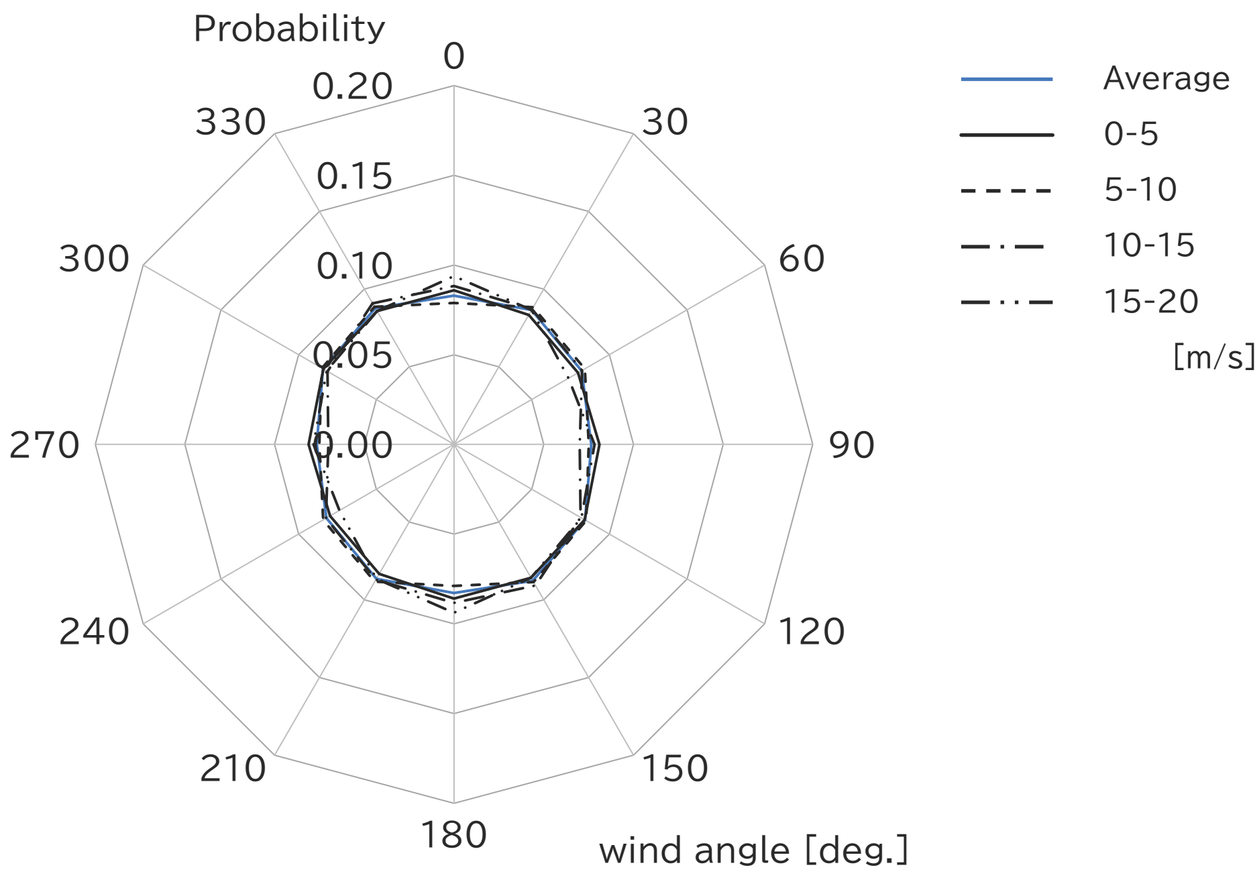
GLOBUS　ほぼ一様に分布



代表航路の風速別評価

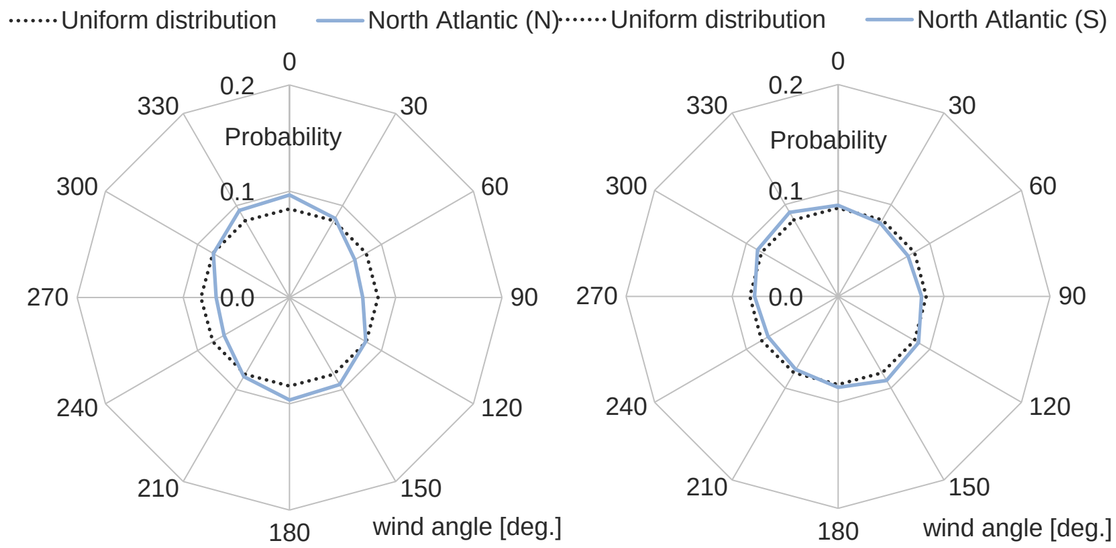


MEPC62/INF.34　大きな風速ほど偏り



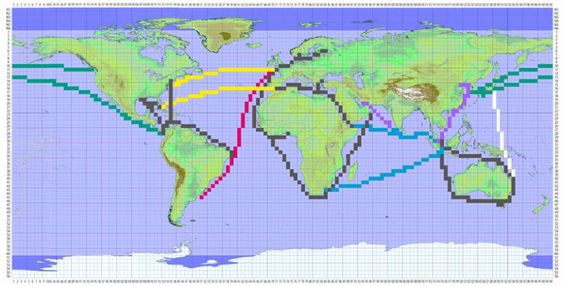
GLOBUS　どの風速もほぼ一様に分布

航路別評価(GLOBUSデータのみ)　1/3



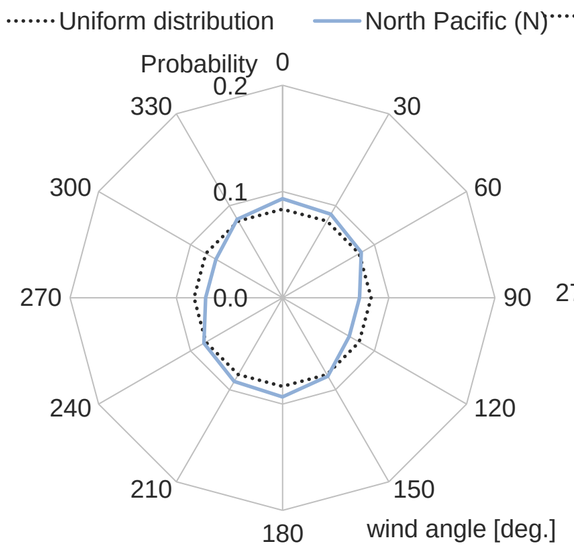
北大西洋

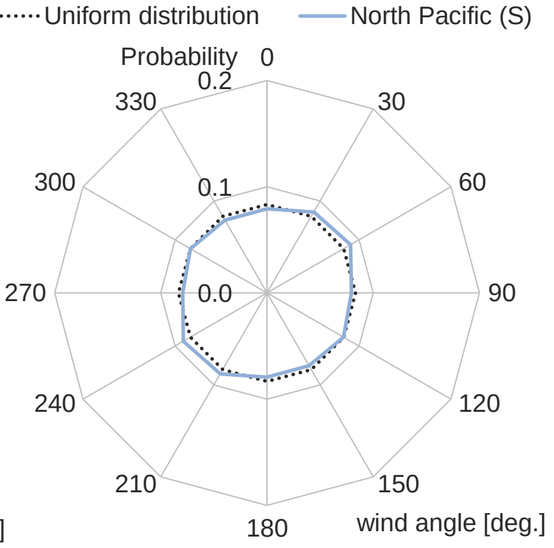
150°,330°付近にやや偏り



北太平洋

30°,240°付近にやや偏り

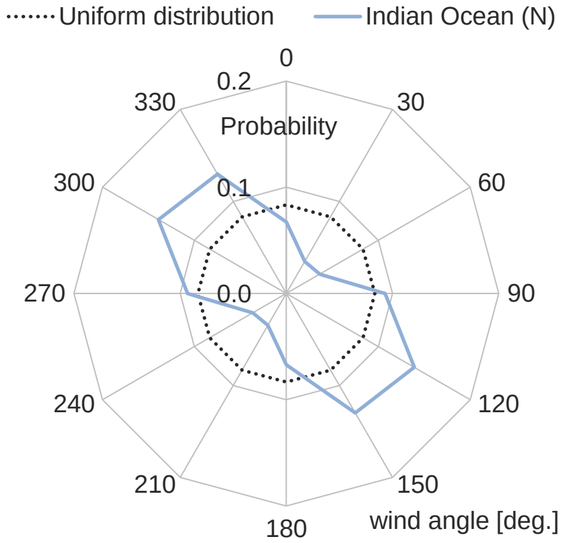


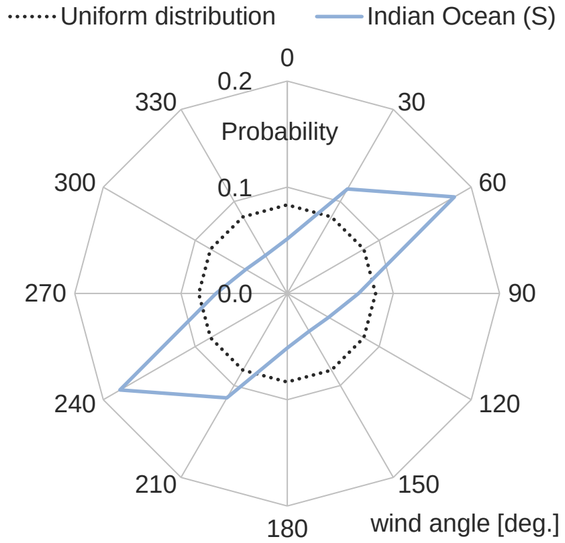


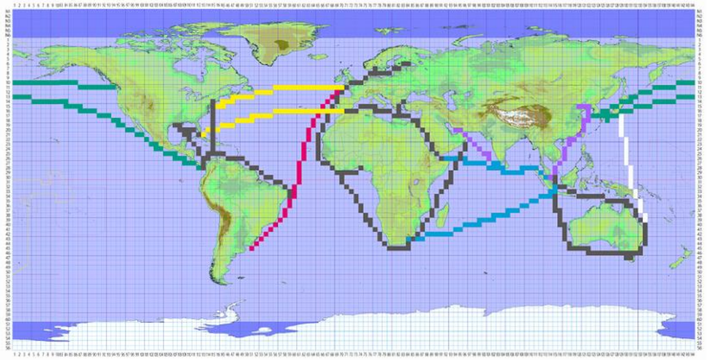
両者とも北寄りルートでは斜め向かい風・斜め追い風に偏りが見られる

しかし、他の航路と比べ比較的一様分布に近い

航路別評価(GLOBUSデータのみ)　2/3





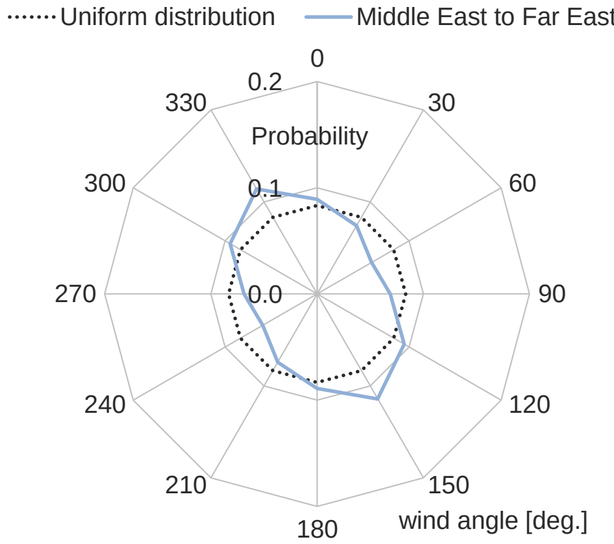


インド洋

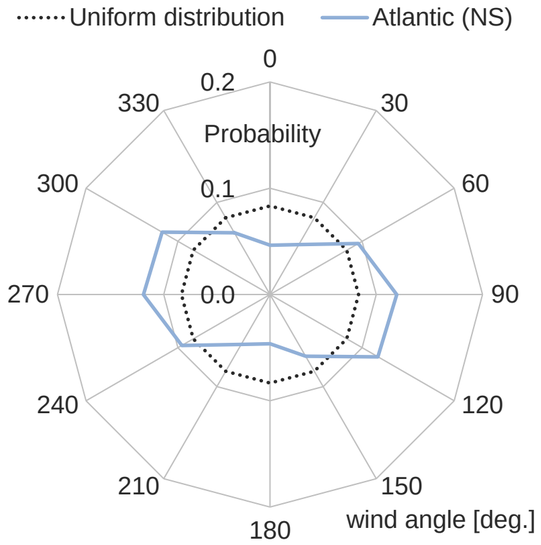
インド洋航路は斜め向きの風に極端な偏りが見られる。

中東-極東

中東-極東航路はインド洋航路(北寄り)と航路が重なっており、風向の偏りがやや似ている

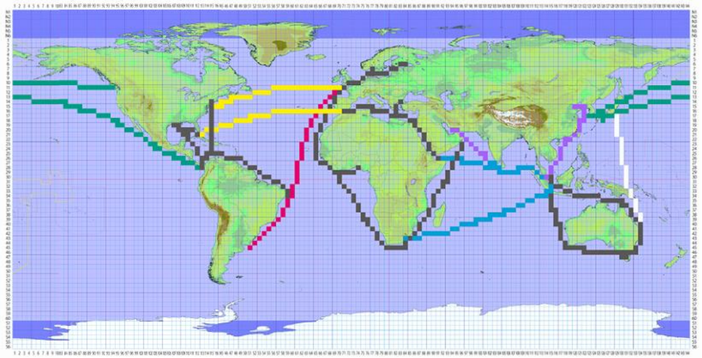


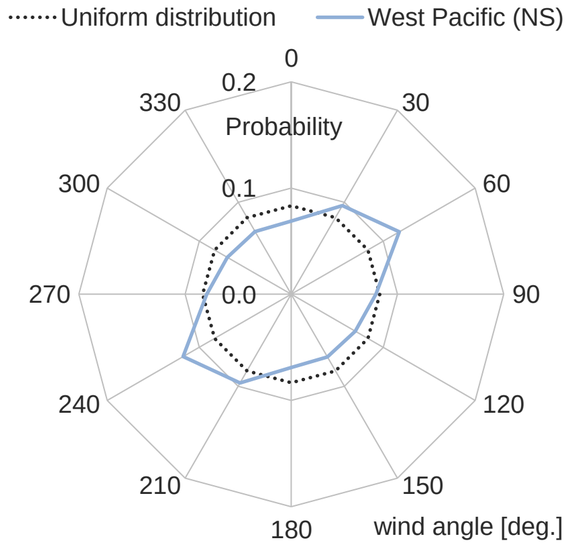
航路別評価(GLOBUSデータのみ)　3/3



大西洋南北

横風～斜め風に偏り





太平洋南北

斜め風に偏り

まとめ

- MEPC62/INF.34で示される全球の風速・風向発現確率をGLOBUSを用いて評価した
- 風速においては両者の傾向は似ていてデータの妥当性を確認した
- 風向においてはMEPC62/INF.34に発現確率の偏りが見られた
- GLOBUS抽出データから、航路毎の風速・風向発現の特徴を明らかにした

	風速	風向
北大西洋	大	比較的均一
北太平洋	大	比較的均一
インド洋	小	斜めの風に大きく偏り
太平洋南北	中	横風に偏り
大西洋南北	中	斜めの風に偏り
中東－極東	小	斜めの風に偏り

ご静聴ありがとうございました

本研究の一部は，日本財団の助成事業である（一財）日本船舶技術研究協会の「2019年度船舶の省エネ性能向上のための技術基準の検討に関する調査研究（省エネ性能向上技術基準検討プロジェクト）－風力推進システムに関する他国提案の技術的妥当性評価に関する作業－」により実施された。

関係者にお礼申し上げます。