日本周辺域における風の季節別吹続時間特性

石 田 廣 史*

The Seasonal Characteristics of Wind Duration around Japan

Hiroshi ISHIDA

Abstract

The seasonal characteristics of wind duration around Japan are analyzed to estimate the wave encountered during the navigation for the safety at sea. Analyses are made on the basis of every 3-hour wind data of 10 years at 31 locations around Japan.

The seasonal mean cumulative occurrence rates of constant direction wind, which are obtained by adding the occurrences from longer wind duration, decrease exponentially with wind duration. The seasonal mean cumulative occurrence rates of constant speed wind and constant direction and speed wind decrease to the minus power of wind speed with wind speed. The seasonal mean cumulative occurrence rates of wind blowing continuously more than certain wind speed criteria decrease exponentially with wind duration. There are recognized to exist the seasonal differences of the characteristics of wind duration.

The seasonal characteristics of wind duration have some relationships proportional to seasonal mean wind speed. It is proposed how to estimate their seasonal characteristics of wind duration by using them.

1. は じ め に

近年大型構造物を工場で完成し、目的地まで海上輸送する機会が増してきた。そこでそれらの海上輸送期間中に遭遇しうる海象状態の予測、特に波浪推算は構造物や航行方法に関する強度等、航行安全のための対策を考える上で考慮すべき重要な事項と考えられる。波浪推算には当然風の予測が必要となるが、構造物の計画設計の時点において2～3年先の完成後の海上輸送を考える場合、そのように遠い将来の風の予測は不可能と言わざるをえない。通常このような場合の波浪推算には波浪の長期統計を用い、その波高分布比率をそのまま航行する短期間にあてはめ、波浪長期統計上何m以上の波浪は何%であるので、航行期間中でも何m以上の波浪に遭遇しうるのは、航行期間の何%に相当する何時間であるといった予測をたて、実際に遭遇しうると考えられる海象状態とはかなり違った誤まった予測をたてがちである。そこで、どのような頻度でもってどのような風がどれ位長く吹続しうるのか、といった風の予測を基に遭遇しうる波浪を推算し、航行安全のための対策を考える必要がある。

このような風の連続性については既に報告⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾に見られるが、本報告では季節別に風を取り扱い、各季節ではどのような頻度でどのような風がどれ位長く吹続しうるのか、といった事項に注目し、波浪推算の基礎入力データとなりうることを目的として風の季節別吹続時間特性について解析を行なった。

2. 解 析 資 料

解析に用いた観測資料は表1に示す日本周辺の沿岸及び島々、合計31ヶ所の1967年から1976年の10年間の毎3時間の平均風速と平均風向である。但し、父島と南鳥島については1970年から1977年の8年間の観測資料を用い

* 正会員 神戸商船大学（神戸市東灘区深江南町5-1-1）

表1 観測資料概要

観測地点		観測高度 海拔(m)	季節平均風速 (m/s)			観測地点		観測高度 海拔(m)	季節平均風速 (m/s)		
			season						season		
			1	2	3				1	2	3
稚内	26.2	5.5	5.2	4.7	三宅島	48.8	7.3	5.9	5.7		
留萌	35.1	6.1	4.3	4.2	鳥取	30.9	3.5	2.8	2.3		
網走	51.3	3.3	2.8	2.5	浜田	34.9	4.9	3.6	3.3		
根室	37.7	4.7	4.3	3.8	潮岬	87.7	4.6	4.5	4.4		
寿都	25.6	6.5	6.1	5.3	平戸	32.3	4.5	3.8	3.7		
浦河	47.3	5.6	4.1	3.7	長崎	44.9	2.6	2.6	2.4		
秋田	22.0	5.0	4.1	3.5	種子島	27.5	6.4	5.3	4.7		
宮古	55.5	2.4	2.3	2.1	福江	35.7	4.0	3.5	3.4		
石巻	56.3	3.5	3.5	2.9	足摺岬	44.4	3.8	3.8	3.7		
輪島	18.2	3.3	2.9	2.6	名瀬	23.0	3.8	3.1	3.1		
相川	48.1	4.4	3.1	2.9	石垣	20.0	4.8	4.3	4.7		
新潟	17.8	4.6	3.6	3.1	那覇	49.7	5.3	4.9	4.9		
敦賀	15.4	3.6	3.5	3.1	南大東島	27.3	4.0	3.7	4.0		
銚子	38.4	4.7	4.9	4.6	父島	19.1	3.3	2.9	2.8		
御前崎	60.8	6.6	5.2	4.7	南鳥島	21.3	6.0	5.4	5.6		
尾鷲	30.8	2.0	1.9	1.7							

た。全観測資料のうち13ヶ所で合計48個の欠測が存在するが、それらは各々前後の観測値の平均値でもって補間した。

解析は主として冬期気象が卓越する期間（11月～2月）を season 1、春から初夏にかけての期間（3月～6月）を season 2、台風の襲来が予想される期間（7月～10月）を season 3 として、1 年を 4 ヶ月ずつ概略的に季節別に 3 等分して行ない、各 season における風の吹続時間特性について調べた。2つの season にわたって風が吹続する場合は、その風の始まった season でもって処理した。表1に各観測地点の観測高度と季節平均風速を示す。表1に示すように、観測高度の差や地形の影響等によって観測風と海上風との差は考えられるが、それらの差は明らかではないので観測風に対して修正は行わず、観測風は海上風と同様の特性を持つものとして解析を行なった。

3. 解析結果

3.1 同風向の風の吹続時間特性

ある風向の風が吹き始めてから、同風向とみなしうる風がどれ位長く吹続しうるのか、という事は波浪推算の際まず初めに考えられる事である。ここでいう同風向とみなしうる風とは、波浪推算の際適当な許容範囲と考えられる風向の±1方位（±22.5°）の範囲内でのみ変化し続ける風を言う。

図1に稚内における各 season 1, 2, 3 の同風向

図1 稚内における各 season 1, 2, 3 の同風向の風の吹続時間特性。横軸は吹続時間、縦軸は季節平均累積出現率を示す。

表2 同風向の風の吹続時間特性の近似式の係数

地 名		係 数						地 名		係 数					
		season 1		season 2		season 3				season 1		season 2		season 3	
		A	a×10 ⁴	A	a×10 ⁴	A	a×10 ⁴			A	a×10 ⁴	A	a×10 ⁴	A	a×10 ⁴
稚 内	125	596	68	469	80	541	三 宅 島	63	386	78	515	35	273		
留 萌	114	551	150	954	58	645	鳥 取	113	908	100	1096	34	753		
網 走	75	742	110	783	118	914	浜 田	73	493	65	696	66	618		
根 室	120	783	173	772	245	891	潮 岬	58	462	50	395	47	363		
寿 都	88	504	92	520	57	408	平 戸	78	427	85	511	60	340		
浦 河	100	698	70	691	115	979	長 崎	36	478	15	450	26	456		
秋 田	114	686	128	852	53	594	種 子 島	74	401	73	519	59	388		
宮 古	63	918	52	993	10	619	福 江	114	572	90	696	35	366		
石 巻	190	868	65	679	75	698	足 摺 岬	31	579	18	522	52	553		
輪 島	110	846	64	677	52	562	名 瀬	92	502	120	716	53	401		
相 川	150	689	105	835	120	902	石 垣	83	349	80	504	64	420		
新 潟	140	888	110	965	90	907	那 覇	88	420	21	308	70	366		
敦 賀	160	677	120	716	60	414	南大東島	92	430	118	482	110	461		
銚 子	100	465	100	587	78	435	父 島	140	929	29	387	54	439		
御 前 崎	40	235	34	445	75	496	南 鳥 島	68	495	55	341	46	303		
尾 鷲	52	116	160	205	13	503									

の風の吹続時間特性の解析結果を示す。横軸は吹続時間、縦軸は季節平均累積出現率を示す。この累積の取り方は通常を取り方と異なり、吹続時間の長い方からの累積を取っている。以下の節の累積もこれと同様の取り方をしている。例えば図1に示す稚内の season 1 では、同風向の風が少なくとも48時間吹続しうるのは season 当り約6回程度起こりうるとなる。図1より、同風向の風の各季節平均累積出現率は吹続時間の増加に伴って指数関数的に減少し、長吹続時間領域では片対数グラフ上ではほぼ直線でもって近似され则认为られる。他の観測地点の各 season の解析結果も図1と良い相似を示し、約24時間以上の吹続時間領域では同風向の風の吹続時間特性は近似的に次式のように表わされ则认为られる。

$$Y = A \cdot e^{-ax}, \quad x \geq 24 \quad (1)$$

(1)式において Y は季節平均累積出現率 (回/season)、 x は吹続時間 (時間、但し24時間以上)、 A 及び a は係数。各観測地点における各 season の近似式(1)の各係数 A 及び a を表2に示す。

同風向の風の季節別吹続時間特性は全般的傾向として、地理的位置に大きく影響され则认为られる。従って、今ある海域のある season の同風向の風の吹続時間特性を推定したい場合、その海域に隣接した地点を選び、それらの季節別吹続時間特性の平均でもって概略的に推定しえるであろう。

3.2 等風速の風の吹続時間特性

ある風速の風が吹き始めてから、等風速とみなしうる風がどれ位長く吹続しうるのか、という事は波浪推算の際風向の次に考えられる事である。ここでいう等風速とみなしうる風とは、波浪推算の際適当な許容範囲と考えられる風速の $\pm 1 \text{ m/s}$ の範囲内でのみ変化し続ける風を言う。

season 3 の稚内における等風速の風の吹続時間特性の解析結果を図2に示す。横軸は風速、縦軸は季節平均累積出現率を示す。図中の各曲線は吹続時間が6, 9, 12, 15時間の場合を示す。例えば、season 3 の稚内では少なくとも風速 8 m/s でもって吹き始め、等風速で15時間吹続しうるのは season 当り約2回程度起こりうるとなる。各観測地点の各 season においても図2の結果と良い相似を示す。18時間以上の吹続の場合も同様の傾向を示すが、観測地点によっては出現回数が少なく、その傾向は必ずしも明らかではない。図2のように、各観測地点の各 season の解析結果においても、季節平均累積出現率が2~3回/season と0.1回/season の間の領域では、季節平均累積出現率は風速に対して両対数グラフ上ではほぼ直線的に減少するのが認められる。

図2 稚内における season 3 の等風速の風の吹続時間特性。横軸は風速，縦軸は季節平均累積出現率を示す。図中の各曲線は吹続時間が 6, 9, 12, 15 時間の場合。

図3 season 3 における季節平均風速と各季節平均累積出現率で等風速でもって 6 及び 15 時間吹続しうる風速値との関係。直線 A 及び B は 0.1 及び 3 回/season で 6 時間吹続の場合，直線 C 及び D は 0.1 及び 2 回/season で 15 時間吹続の場合を示す。

そこで両対数グラフ上直線でもって近似される領域の等風速の風の吹続時間特性と，季節平均風速との関係を見るため，まず各観測地点の解析結果より，季節平均累積出現率 0.1 及び 3 回/season でもって 6 時間吹続しうる風速値を，又季節平均累積出現率 0.1 及び 2 回/season でもって 15 時間吹続しうる風速値をそれぞれ求め，それらと各観測地点の季節平均風速との関係を調べた。図 3 に season 3 におけるそれらの関係を示す。図中各バーの長さは平均値よりの標準偏差を示す。直線 A に沿った各点は 0.1 回/season でもって 6 時間吹続しうる風速値と季節平均風速との関係を示し，直線 B に沿った各点は 3 回/season でもって 6 時間，直線 C 及び D に沿った各点はそれぞれ 0.1 及び 2 回/season でもって 15 時間吹続しうる風速値と季節平均風速との関係を示す。各季節平均累積出現率でもって各吹続時間吹続しうる風速値と季節平均風速との間には一定の良い比例関係が認められる。図中の各直線 A, B, C, D はそれぞれの場合の関係を示す一次近似直線である。他の season 1 及び 2 においても同様の良い比例関係が認められた。各 season 1, 2, 3 における結果を図 4 に示す。図中実線 A 及び B はそれぞれ 0.1 及び 3 回/season でもって 6 時間吹続しうる風速値と季節平均風速との関係を示し，破線 C 及び D はそれぞれ 0.1 及び 2 回/season でもって 15 時間吹続しうる風速値と季節平均風速との関係を示す。

等風速の風の吹続時間特性の一般的推定方法として，図 4 に示した関係を用いて任意の季節平均風速を持つ地点の等風速の風の吹続時間特性を推定しようと考えられる。例えば今，season 1 において季節平均風速 5 m/s の地点の等風速の風の吹続時間特性を推定したい場合，図 4 の season 1 の実線 A 及び B より 0.1 及び 3 回/season でもって 6 時間吹続しうる風速値をそれぞれ 18.2 m/s 及び 12.7 m/s と求め，又破線 C 及び D より同様に 0.1 及び 2 回/season でもって 15 時間吹続しうる風速値をそれぞれ 12.4 m/s 及び 7.8 m/s と求め，それらを図 5 に示すように両対数グラフ上にとることによって，直線でもって近似される領域の吹続時間特性を推定しよう。9 及び 12 時間吹続の場合は 6 及び 15 時間吹続の実線間を図中破線で示すように，比例配分することによって推定するであろう。

3.3 同風向等風速の風の吹続時間特性

ある風向，風速の風が吹き始めてから，同風向で等風速とみなしうる風がどれ位長く吹続しうるのかを調べた。ここでいう同風向で等風速とみなしうる風とは，前節の 3.1 及び 3.2 の許容範囲，風向の ± 1 方位 ($\pm 22.5^\circ$) 及び風速の ± 1 m/s の範囲内でのみ変化し続ける風を言う。一般に波浪推算の際，何 m/s の風が何時間吹続とい

図4 season 1, 2, 3における季節平均風速と各季節平均累積出現率で等風速でもって6及び15時間吹続しうる風速値との関係。実線A及びBは0.1及び3回/seasonで6時間吹続の場合、破線C及びDは0.1及び2回/seasonで15時間吹続の場合を示す。

って用いられる風は、ここでいう同風向で等風速の風を言い、波浪発達に大きく影響を及ぼし波浪推算上重要なものと考えられる。

各観測地点における各 season の同風向等風速の風の吹続時間特性は、図2に示した等風速の風の吹続時間特性と非常に良く似た解析結果を示す。そこで等風速の風の場合と同様に、両対数グラフ上で直線でもって近似される領域の同風向等風速の風の吹続時間特性と、季節平均風速との関係を調べた。各観測地点の各 season の吹続時間特性の解析結果より、季節平均累積出現率0.1及び3回/seasonでもって6時間吹続しうる風速値を、又0.1及び2回/seasonで15時間吹続しうる風速値を求め、それらと各観測地点の季節平均風速との間には、図3で示した等風速の場合と同様に良い比例関係が認められる。各 season におけるそれらの結果を図6に示す。横軸及び縦軸、各実線A及びB、各破線C及びDは図4と同じ。図6に示す各 season の同風向等風速の風の結果と、図4に示す各 season の等風速の風の結果とは非常に良く似た結果を示す。これは風が比較的強い場合には風

図5 season 1における季節平均風速5 m/sの地点の等風速の風の吹続時間特性の推定方法。

図6 season 1, 2, 3における季節平均風速と各季節平均累積出現率で同風向等風速でもって6及び15時間吹続しうる風速値との関係。実線A及びB, 破線C及びDは図4の定義と同じ。

向も安定しており, 同風向等風速の風の場合, 風向の制限が加わったにもかかわらず等風速の風の場合と似たような結果を示すものと考えられる。又, 等風速の風の場合と同様に, season 1 と 2 は似た結果を示し, season 3 は他の season 1 及び 2 より季節平均風速に対してより高い風速値を示す。

同風向等風速の風の吹続時間特性の一般的推定方法として, 図6に示した近似しうる領域の吹続時間特性と季節平均風速との関係を用い, 図6より各季節平均累積出現率でもって各吹続時間吹続しうる風速値を求め, 図5と同様な方法によって, 任意の季節平均風速を持つ地点における近似しうる領域の同風向等風速の風の吹続時間特性を推定しうる。

3.4 基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性

ある基準風速以上の風が吹き始めてから, その基準風速以上でもってどれ位長く吹続しうるのか, という事も風の吹続時間特性上興味深いものである。ここでは基準風速を一般に強風と考えられる10m/s 以上とし, 2m/s 間隔で12, 14, 16, 18m/s と取り, それらの場合の吹続時間特性について調べた。

season 1 の三宅島における基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性の解析結果を図7に示す。横軸は吹続時間, 縦軸は季節平均累積出現率を示し, 図中の各記号は基準風速を10, 12, 14, 16, 18m/s とした場合を示す。例えば season 1 の三宅島では, 風速が10m/s を越えて少なくとも48時間吹続しうるのは season 当り約1回程度起こりうるとなる。各観測地点の各 season における解析結果も図7と良い相似を示し, 季節平均累積出現率は吹続時間の増加に伴ない指数関数的に減少する傾向が認められる。基準風速が18m/s 以上の場合は出現回数が少ない地点も多く, その吹続時間特性は必ずしも明らかではない。各観測地点の各 season における解析結果より, 基準風速が10, 12, 14, 16m/s の場合, 季節平均累積出現率が3回/season と0.1回/season の間では, 吹続時間特性は片対数グラフ上ほぼ直線でもって近似されると考えられる。

そこで上述の近似される領域における基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性と、季節平均風速との関係を調べた。まず各観測地点の各 season における解析結果より、季節平均累積出現率 0.1 及び 3 回/season でもって各基準風速を越えて吹続しうる吹続時間を求め、それらと季節平均風速との関係を調べると、それらの間には良い比例関係が認められる。この比例関係を示す一次近似直線を基に、推定した各 season 1, 2, 3 における結果を図 8 に示す。横軸は季節平均風速、縦軸は吹続時間を示す。図中実線及び破線はそれぞれ季節平均累積出現率 0.1 及び 3 回/season の場合を示し、各実線及び破線に付された数字は基準風速 (m/s) を示す。今、基準風速 10m/s を越えて吹く風が 0.1 回/season でもって吹続しうる吹続時間と、季節平均風速との関係を見たい場合、10m/s と付された実線を見れば良い。season 1 と 2 の結果は比較的良く似かよっているが、season 3 の結果は他の season より季節平均風速に対して長い吹続時間を示す。これは台風による強風の影響と考えられ、season 1 及び 2 において一般に強風をもたらす低気圧よりも season 3 の台風による強風の方が、長時間吹続するためと考えられる。

図 7 season 1 の三宅島における基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性。図中の各記号は各基準風速の場合を示す。

図 8 season 1, 2, 3 における季節平均風速と各季節平均累積出現率でもって基準風速を越えて吹続しうる吹続時間との関係。実線は 0.1 回/season, 破線は 3 回/season の場合を示し、図中の各数字は各基準風速 (m/s) を示す。

以上の結果より、基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性の一般的推定方法として、図8に示した関係を用い、任意の季節平均風速を持つ地点の各 season における近似される領域の基準風速を越えて吹く風の吹続時間特性を推定しうる。

4. あ と が き

日本周辺の31ヶ所の10年間の風観測資料を基に、各種の風の季節別吹続時間特性について解析を行なった結果、興味ある特性がみられた。近似される領域の各種の風の吹続時間特性は季節平均風速との間に一定の比例関係が認められ、季節による差が生じることが判った。これらの結果を基に、ある頻度でもって遭遇しうる海象状態を予測し、その海象状態に耐えうる対策を航行安全のために取る方が、波浪の長期統計を基に海象状態を予測して航行安全のための対策を取るより、より適切と考える。

最後に本研究にあたり多くの御指導をいただいた神戸商船大学井上篤次郎教授、並びに資料提供及び解析処理に御助力下さった京都大学防災研究所光田寧教授、塚本修助手に心より感謝の意を表します。又解析及び整理等に御協力いただいた神戸商船大学野崎伸夫技官、三好雄二学生に感謝します。

参 考 文 献

- (1) 井上篤次郎, 石田廣史: 海上における風の吹続時間特性について, 神戸商船大学紀要, 第Ⅱ類28号, pp. 11~18, 1980.
- (2) 井上篤次郎, 石田廣史: 本邦南方域における風の吹続時間特性, 神戸商船大学紀要, 第Ⅱ類29号, pp. 1~8, 1981.
- (3) 石田廣史: 日本周辺域における風の吹続時間特性, 神戸商船大学紀要, 第Ⅱ類31号, pp. 11~18, 1983.