

佐渡島の遮蔽効果に関する現地観測

中田 邦夫* ・ 及 川 研** ・ 中尾 邦彦***
高橋 豊喜****・ 榎 原 修 治*****

1. はじめに

外海波は、沖合から沿岸に伝播してくる際に、浅水、屈折、砕波、底面摩擦等の影響を受けるばかりでなく、島等が介在している場合には回折の影響も受ける。また広い海域における波浪の変化を検討する際には、局地風の影響も考慮する必要がある。これらの影響は理論解や実験などにより検討されているが、現地観測記録をもとに評価した例は少ない¹⁾。このような実情を背景に本研究では、弾崎（佐渡島）、新潟東港および西港で観測された過去2年間（昭和 54～55 年）の波浪データをもとに、佐渡島によって遮蔽された海域における外海波の伝達特性を、波向・有義波高・周期の比較およびスペクトルの比較から明らかにした。また、弾崎の観測波浪をもとに波の変形や局地風を考慮して新潟東港および西港の波浪を推算し、実測記録と比較することにより、その推算手法の妥当性を検討した。

2. 波浪観測施設の概要

弾崎および新潟東港・西港の波浪観測位置を 図-1 に、観測内容を 表-1 に示す。なお波向はレーダーによるものであり方向スペクトルを求めることはできない。

3. 波向、波高および周期の比較検討

昭和 54～55 年に上記3観測点において観測された波向、有義波高および周期を比較することにより、佐渡島の遮蔽効果および局地風の影響を検討した。

(1) 波向と風向

図-2 に弾崎の波向と佐渡海峡の平均風向（弾崎、新潟東、西港の平均）との関係を示す。弾崎では波向が NNE～WSW の範囲にばらつくが、風向に対する波向の平均値は風向と一定の関係にある。すなわち風向 N では波向風向が一致し、風向が W では波向が WNW となり、その間のずれは直線的である。この理由としては、

* 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所所長
** 正会員 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所調査課長
*** 正会員 運輸省第一港湾建設局企画課補佐官
**** 運輸省第一港湾建設局酒田港工事事務所
***** 開発エンジニアリング株式会社

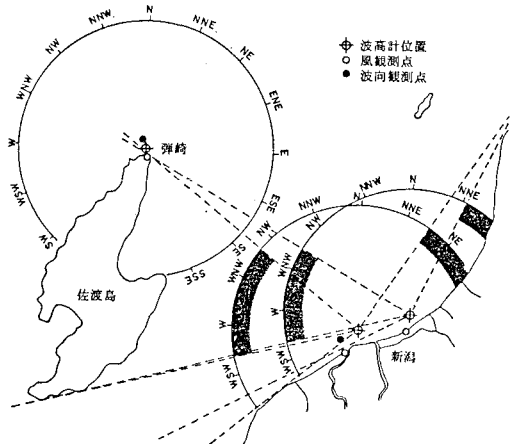


図-1 観測位置

表-1 観測施設の概要

	風向・風速		波 高・周 期		波 向	
	機 種	観 測 間 隔	機 種	設 置 深 度	機 種	観 測 間 隔
弾 崎	風車型	1時間おき	超音波式	-54 m	レーダー	2時間おき
新潟東港	風車型	1時間おき	超音波式	-30 m	—	—
新潟西港	風車型	1時間おき	超音波式	-23 m	レーダー	2時間おき

弾 崎 波高(1.01-9.99 M)

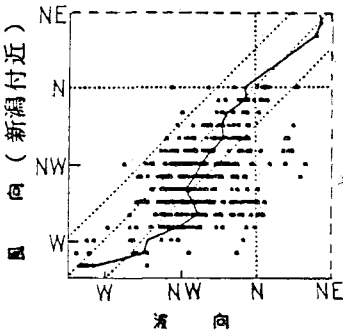


図-2 佐渡海峡の風向と弾崎の波向との相関

対象とした風向と波の発生域における風向とに一定のずれがあるからと考えられる。

(2) 波 向

図-3 に弾崎の波向と新潟西港の波向との関係を示す。同図では NNW 付近で両者はほぼ一致し、これを境に弾崎の波向が NNE~NNW の範囲では西港の波向は西寄りに、一方 NNW~WNW の範囲では北寄りにプロットされている。これは西港のレーダー撮影区域の水深(10~15 m)から考えて、外海波の波向が NNE 寄りになると沿岸部の屈折により、一方 W 寄りになると佐渡島の回折と沿岸部の屈折により変形したためと思われる。

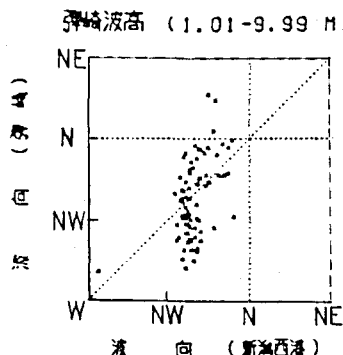


図-3 弾崎・新潟西港の波向相関

(3) 波 高

図-4 に波高比(西港 $H_{1/3}$ /弾崎 $H_{1/3}$)と風向との相関を示す。風向ごとの波高比はかなりばらついているが、その平均値を見ると、NNW では 0.95 となるのに対し、佐渡島に遮蔽される方向では減少し、NW では 0.8, WNW では 0.75, W 付近では 0.6 ぐらいである。図中には弾崎における観測波をそのまま沖波とし、方向分散関数に光型型²⁾($S_{max}=10$)を仮定し、方向分散法¹⁾により求まる波高比も示した。NNW~NW ではほぼ一致しているが、WNW~W では計算値が 0.2 ぐらい低めにでている。

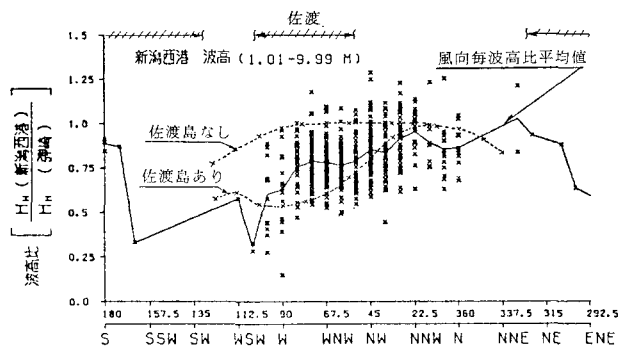


図-4 弾崎・新潟西港の波高の比較

(4) 周 期

図-5 に風向 NW~WSW に対する弾崎と西港の周期の相関を示す。NW~WSW は西港にとっては佐渡島に

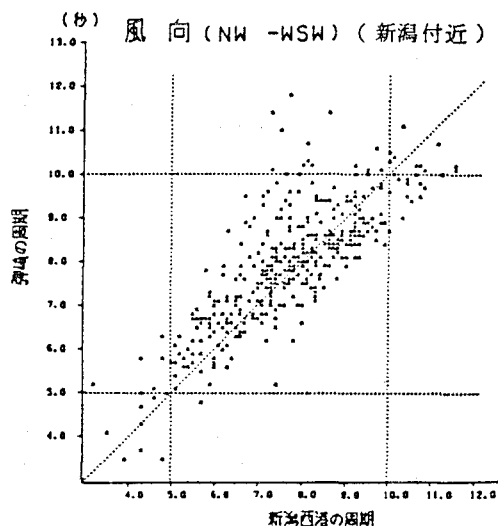


図-5 弾崎・新潟西港の周期相関

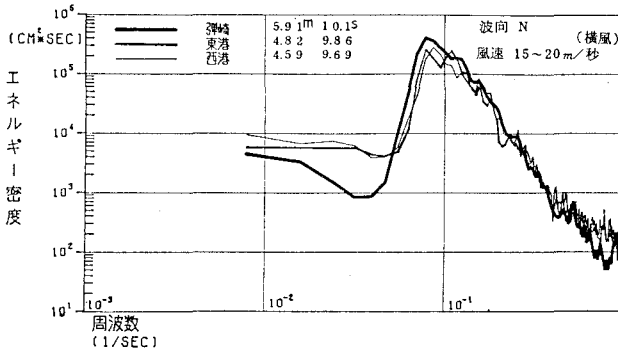
より遮蔽される方向である。図-5 を見ると弾崎の周期が 8~12 秒に対し西港では 7~9 秒にプロットされているデータが見られる。このデータは風速が 10 m/秒 以上の場合であり、佐渡海峡において局地的な風波が発生する場合である。風向 N~NW の場合は両者の周期がほぼ一致していることを考えると、佐渡島により遮蔽された外海波に局地風の影響が加わり、その結果、周期が短くなったものと推定される。

4. 観測スペクトルの比較検討

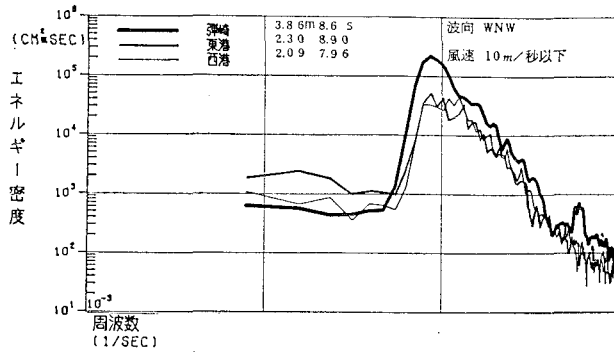
特徴のある高波高時を数ケース選定し、弾崎および新潟東・西港における周波数スペクトルを比較し遮蔽効果を検討した。なお、弾崎と新潟港のスペクトルを比較する場合、同一外海波の両地点における観測時刻の差を 2 時間と考えている。これはスペクトル経時変化の地点別比較において知られた値であり、弾崎-新潟港間の伝播距離(40~70 km)、エネルギーピーク周期の平均的な値である 11 秒の群速度(8.6 m/秒)からも妥当なものと考えられる。

(1) 佐渡島の遮蔽効果

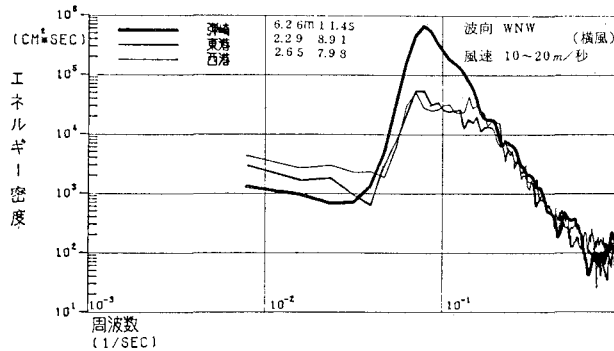
図-6(a) は弾崎の波向が N で佐渡島の遮蔽作用をほとんど受けていない波が新潟港で観測されていると考えられる場合の各点のスペクトルの比較を示し、図-6(b) は遮蔽作用を強く受けた例である。図-6(a) では新潟港のスペクトルは弾崎のスペクトルが相似に縮小された形状であり、外海波がそのまま侵入し沿岸近くで屈折・浅水等の影響を受けた場合の典型的なスペクトルの変化を示すものである。一方外海波が遮蔽作用を強く受けた場合には図-6(b) のようにそのスペクトルはエネルギーのピー



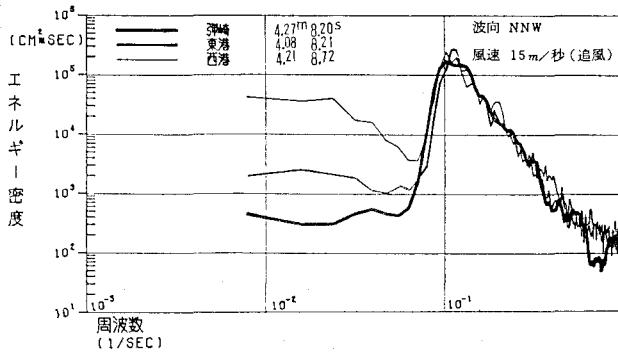
(a)



(b)



(c)



(d)

図—6 周波数スペクトルの比較

ク周波数近くで大きくカットされ、エネルギーの集中度が低下した形状となる。このケースでは、局地風が 10 m/秒 以下であるため、局地風の影響はほとんど入っていないものであり、遮蔽によるスペクトルの変化のみをとらえていると考えられる。

(2) 局地風の影響

図—6 (c) は外海波の波向が 図—6 (b) と等しく、かつ風速 10~20 m/秒 の局地風の影響が加わった場合の例である。局地風が 10 m/秒 以下の 図—6 (b) と比べ、周期 5~7 秒付近において新潟港のスペクトルにふくらみが生じている。特に西港の場合には山型のスペクトルになっている。通常、西港は東港と比較して波高も周期も小さくなっているが 図—6 (c) の場合には西港の波高のほうが大きくなっている。図—6 (c) の例より北寄りの NW 波についても同じような傾向が見られた。

図—6 (d) は、外海波が遮蔽作用を強く受けることなく、15 m/秒 以上の追風でスペクトルが発達し観測された例である。弾崎と新潟港のスペクトルはほぼ等しく、スペクトルの発達量は沿岸近くで屈折・浅水等の変形によって失われる分に見合う程度のものである。図—6 (a) は 図—6 (d) と波向が似かよっていても横風を受ける場合であるが、両者を比較することにより追風によるスペクトルの発達が明瞭である。なお 図—6 (d) のようなケースは非常に少なかった。

5. 遮蔽効果推算手法の検討

波向・波高・周期の比較、観測スペクトルの比較により遮蔽効果や局地風の影響が定性的に分析できた。以下では弾崎の観測スペクトルから新潟港のスペクトルを推算し、これを同港の観測スペクトルと比較することにより推算手法の妥当性について検討する。

(1) 推算手法

新潟港のスペクトルは外海波の回折波と海峡で発生する局地風波を分離して計算し、その後合成して求めた。外海波の周波数スペクトルは弾崎の観測スペクトルを用い、方向分布は実測データがないため光易型の関数を仮定した。方向集中度のパラメーター S_{max} は弾崎での波形勾配から 10 または 25 とした。変形計算は方向分散法で行い式 (1) によった^{1),2)}。

$$S'(f_i) = \sum_j \Delta E_{ij} \cdot d_j \cdot k r_{ij}^2 \cdot k s_{ij}^2 / \Delta f \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに

- $S'(f_i)$: 周波数 f_i の変形後のエネルギー密度
 ΔE_{ij} : 周波数 f_i , 方向 j の成分波の変形前エネルギー
 d_j : 方向 j の成分波の遮蔽係数 (1 or 0)
 kr_{ij} : 周波数 f_i , 方向 j の成分波の屈折係数
 ks_{ij} : 周波数 f_i , 方向 j の成分波の浅水係数
 Δf : 周波数区間巾 (1/32 秒⁻¹)

また局地風浪は弾崎・新潟・柏崎の風記録から佐渡海峡における風速・風向の時間的位置的変動を推定し、ウィルソン法により深海波としての波高および周期を求めた。また、周波数スペクトルはブレットシュナダー・光易型²⁾を、方向関数は光易型 ($S_{\max}=10$) を仮定し、式(1)にて変形計算を行った。

(2) 推算結果と考察

図-7(a)は弾崎の波向がWNWで、佐渡島の遮蔽効果が大きいときのものである。またこの時の推算局地風浪は波高0.7m、周期3.8秒、波向WNWでそれほど大きくない。新潟東港の推算スペクトルは弾崎の観測スペクトルのエネルギーピークとなる周波数付近でピークカットされており、同港の観測スペクトルの形状、エネルギーレベルとほぼ一致していることがわかる。図-7(a)は波浪が発達過程にある時のものであるが、この時刻付近においては新潟港の推算スペクトルは観測スペクトルとかなりよく一致していた。

図-7(b)は、弾崎の波浪が発達から減衰に移り、波向も遮蔽効果が小さい方向に変化した場合のものである。新潟東港の推算スペクトルは、弾崎の観測スペクトルをわずかに縮小した形をなし、実測スペクトルと形は相似しているが、エネルギーレベルは実測値と比べてかなり大きく、一致しているとは言いがたい。

図-7(c)は弾崎の波向がWで遮蔽効果が大きく、かつ局地風の風速が15~20m/秒の場合の推算結果を示したものである。この時の推算風浪は波高1.9m、周期5.4秒、波向Wで、その影響は図に斜線で示した。新潟西港の観測スペクトルは、弾崎のスペクトルがピークカットされかつ2山型になっているが、これを推算スペクトルと比較して見ると、遮蔽効果のみの推算では2山型は表われないが、これに局地風の影響を付加した場合には観測スペクトルの形状によく似てくるのがわかる。このケースでは局地風を考慮することにより推算スペクトルを観測スペクトルにより近づけることができたが、この時刻前後には同一方法でも両スペクトルにかなり差異が見られる場合もあった。

以上より方向分散法によって遮蔽効果を求め、これに局地風浪を加える推算手法は、一部では観測スペクトルとよく一致し、本手法の有効性を示しているが、一致しない例もあり、今後詳細な検討が必要である。そのた

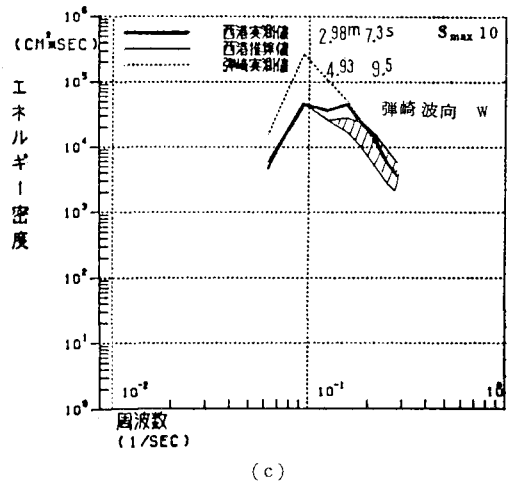
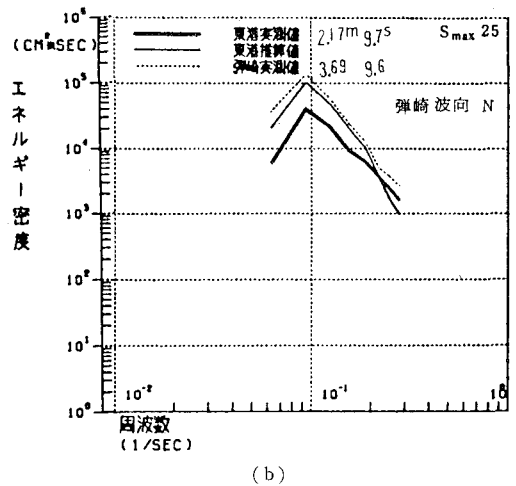
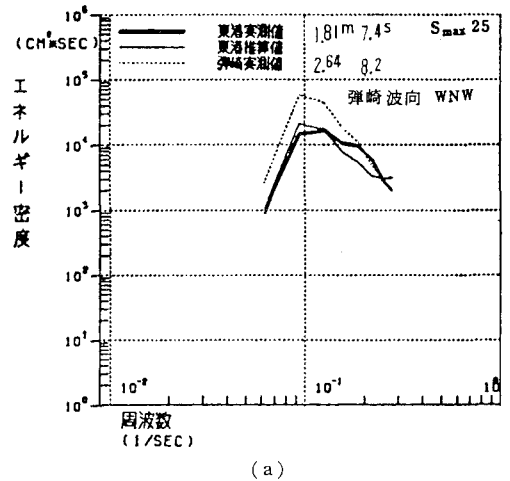


図-7 実測スペクトルと推算スペクトル

めには沿岸域における底面摩擦や碎波の考慮の方法、方向分布関数の仮定、局地風浪の推算手法等を検討する必要がある。

6. ま と め

弾崎および新潟東・西港の観測結果を比較することにより次のことが明らかになった。

(1) 波 向

両地点の波向は、NNW で一致するが、これを境に佐渡島や沿岸地形の影響を意味する一定のずれが見られる。

(2) 周 期

局地風の風向が NW~WSW で 10 m/秒 以上の強風時には局地風の影響が顕在化し、新潟港の周期が弾崎と比べて小さくなる。

(3) 波 高

外海波が佐渡島により遮蔽される場合には波高比（新潟港/弾崎）は明らかに小さくなる。

(4) スペクトル

遮蔽作用を強く受けた場合、新潟港のスペクトルはピークエネルギー付近の成分が大きくカットされた形状となる。また局地風が 10 m/秒 以上で、かつ外海波が佐渡島の遮蔽を受ける場合には、新潟港のスペクトルの 5~7 秒付近にエネルギーのふくらみが見られる。さら

に 15 m/秒 以上の追風を受け、佐渡島に遮蔽されることなく外海波が侵入する場合にはエネルギーの発達が認められる。

また遮蔽効果の推算手法を検討し、次のことが明らかになった。

(5) 遮蔽効果の推算手法

方向分散法により遮蔽効果を推算し、それに局地風浪の影響を付加する手法は、観測結果とかなり一致する場合があり有効な手法であるが、一致しない例もあるため今後さらに詳細な検討が必要である。

本研究は、弾崎および新潟東・西港における波浪観測データの蓄積により初めて可能になったものであり、長年にわたり観測業務に従事されてきた関係者の方がたに心から感謝するものである。

参 考 文 献

- 1) 本間 仁・堀川清司・趙 榮耀：佐渡島の波に対するしゃへい作用，第 13 回海岸工学講演会講演集，pp. 42~49, 1966.
- 2) 合田良実：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，pp. 17~27, p. 48, 1977.