

気象・波浪相関図に基づく我が国沿岸波浪の出現特性解析

橋本典明*・川口浩二*・永井紀彦**
柴木秀之***・鈴山勝之***

我が国沿岸の 18 地点を対象として, 1994~1998 年の 5 年分の ECMWF の気圧データおよび波浪観測データを用いて相互相関解析した結果に基づき, 対象地点の波浪に影響を及ぼす気象擾乱の軌跡を通年および季節別に検討した。その結果, 日本海側や太平洋側の各地点で波浪と気象との特徴的な幾つかの関連が明らかになった。また, 同様な検討手法が波浪推算を用いても可能であることを示した。さらに, 波浪に含まれる 20 秒以上の長周期成分の発生についても同様の手法で検討し, 幾つかの知見を得た。

1. はじめに

沿岸波浪の出現特性を把握する目的で, 国土交通省関係機関では, 1970 年より統一的基準に即した集中処理による波浪観測を継続的に実施してきた。これらのデータに基づいた種々の既往調査の内, 気象と波浪の関連を把握する調査では, 天気図を数パターンに分類し, これらのパターンと波浪特性の関連を調査した例が多い。しかしながら, このような方法では, 天気図パターンと波浪の関係を定性的に把握できるのみで, 必ずしも定量的な形で当該海域の波浪の出現特性を把握できない。一方, 近年では, ECMWF, NCEP, 気象庁などが高精度な気象のデジタルデータを提供している。例えば ECMWF では約 0.5 度格子の高解像度で 10 m 高度の海上風, 平均海面高度の気圧や地上気温等のデータを提供している。本研究では, これらのデジタルデータを用い, 気象と沿岸波浪の相互相関解析を行い, 気象と沿岸波浪の出現特性の関連を定量的に解析することで, 我が国の沿岸海域における波浪の出現特性を海域毎, 季節毎に明らかにすることを目的とする。

2. 検討方法

我が国沿岸の波浪の出現特性を検討するため, 1994 年~1998 年の 5 年間のデータを対象として, 気圧と有義波高の相互相関解析を行い, その特性を検討した。解析対象地点は我が国沿岸の代表 18 地点(留萌, 酒田, 新潟沖, 輪島, 鳥取, 玄界灘, 伊王島, 那覇, 紋別, 苫小牧, むつ小川原, いわき沖, 鹿島, 波浮, 御前崎, 潮岬, 室津, 宮崎)とし, 6 時間毎の ECMWF 気圧データ (0.5° 間隔) を用いた。有義波高の出現頻度分布は, 一般にワイブル分布によって近似的に表されることが報告されているが (広瀬・高橋, 1982), 大まかには対数正規分布でも近似できることから, 有義波高を対数変換した値を用いて解析した。また, 有義波高の対数変換値や気圧値を

スペクトル解析すると, 1 年周期や半年周期の長周期変動成分が見られるが, これらの長周期成分を除くため, 7 日間の移動平均処理を行った。移動平均を 7 日間とした理由は, 本研究で対象としている解析が, 数日先を対象とする短期波浪予測を行う上で有用な情報を抽出する実用的な目的を有しており, 気象や波浪データに含まれる長周期トレンドによりそれらの情報にバイアスが生じることを軽減するためである。

3. 波浪・気象相関図による解析

(1) 有義波高の出現特性に関する検討

図-1 は, 4° 毎の緯・経度上の気圧値といわき沖の有義波高の相互相関解析結果を, 日単位で, 最大 10 日間のタイムラグの範囲で例示するものである。図-1 ではそれぞれの気圧格子点の位置が分かるように, 気圧点に対応した位置にそれぞれの相互相関関数を示している。実際の解析では 0.5° 間隔の気圧と各観測地点の波浪を用いた相互相関解析を行っているが, 図-1 では, 表示の便宜上, 4° 毎に相互相関関数を示した。図-1 の中央付近に○で示すいわき沖近傍の相互相関関数は, タイムラグが-

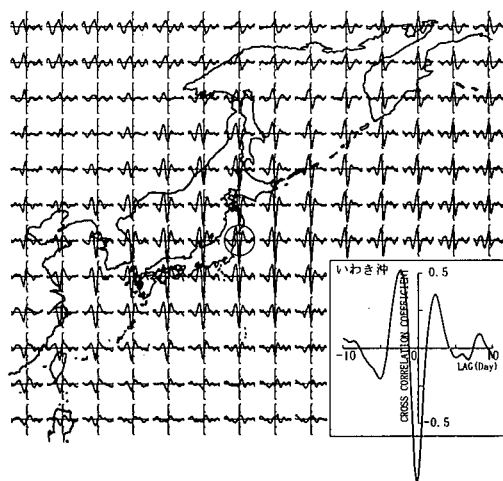


図-1 相互相関解析結果の一例 (いわき沖)

* 正会員 (独法) 港湾空港技術研究所海洋・水工部海洋水理研究室
** 正会員 (独法) 港湾空港技術研究所海洋・水工部海象情報研究室
*** 正会員 株式会社エコー環境水工部

6時間で最も大きな負相関を示し、その前後にやや大きい正の相関が現れている。

図-2は、波浪観測地点毎に行った相互相関解析結果より、負相関の最大値の大きさとそれが発生したタイムラグを示したものである。地点により相関の大きさには差があるが、概して日本海側は太平洋側に比べて地点毎の変動が小さい。また、太平洋側では同時刻か6時間前に、日本海側では24時間前に負相関の最大値が現れる傾向がある。

図-3は、図-1の相互相関解析結果をもとに、タイムラグ毎に相関係数の大きさを地図上に等値線で示したものである。図-3の上図は、日本海に面する酒田の冬季の相関図を、下図は太平洋に面する御前崎の夏季の相関図で、左から順にタイムラグが-48、-24および0時を例示している。等値線は太線が負の相関、細線が正の相関を示しており、相関係数を0.05刻みで描画した。上図の酒田では、冬季の日本海側の代表的な特徴である、日本

列島を西から東へ横切る負相関の移動が見られる。下図の御前崎では、日本の南西海上から太平洋沿岸を北東進する負相関の移動が見られる。これは、夏季の代表的な気象擾乱である台風の影響によるものである。なお、上図と下図を比較すると、上図は負相関とそれに対する正相関が東西に位置する関係になっている。これは日本海の冬季の擾乱発生要因が西高東低の冬型気圧配置であるためである。一方、下図は台風による一過性の擾乱であることから、正負の相関の位置関係に顕著な特徴は見られない。

図-3の解析は、ある観測点の数日先の波浪を予測する場合に、地点毎・季節毎にどの海域の気象変動に着目すれば良いのかを明らかにすることを目的に行ったものである。図-3の負相関の移動は、厳密には擾乱の移動を示すものではない。しかし、相関の極値は、その位置における気圧値と当該地点の波浪の関係が深いことを示しており、波浪の変動を予測する上で重要な情報を与えるものである。そこで以下では、極値のみに着目して検討する。

図-4は、図-3の影響線図を基に負相関の最大値の軌跡を描いたものである。図中には48時間前から同時刻までを6時間毎の軌跡で示している。48時間前から図示したのは、48時間より前の極値は相関が小さく、明瞭な極値の位置を抽出しにくいためである。左図は日本海側、右図は太平洋側の地点で、上段から順に通年、冬季、春季、夏季、秋季の結果を示す。また、日本海側については北海道～北陸にかけての地点を黒印、中国～九州、沖縄にかけての地点を白印で示している。なお、紋別の負相関の最大値の移動軌跡は太平洋側地点に比べ日本海側

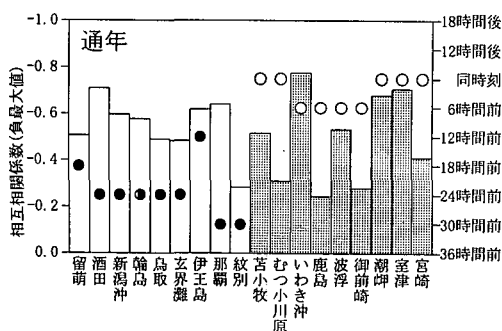


図-2 負相関係数の最大値とタイムラグ

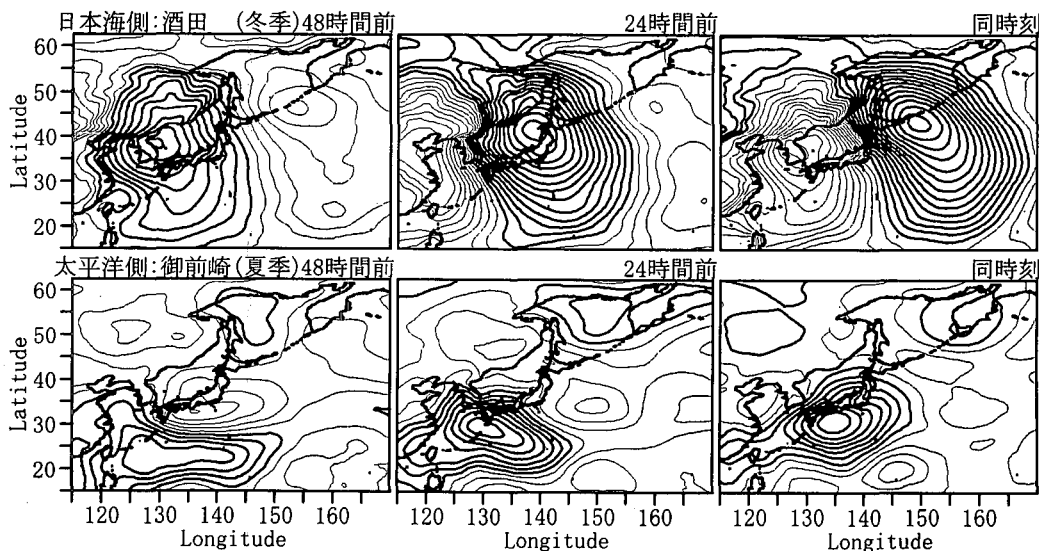


図-3 影響線図の一例 (上図: 酒田 (冬季), 下図: 御前崎 (夏季))

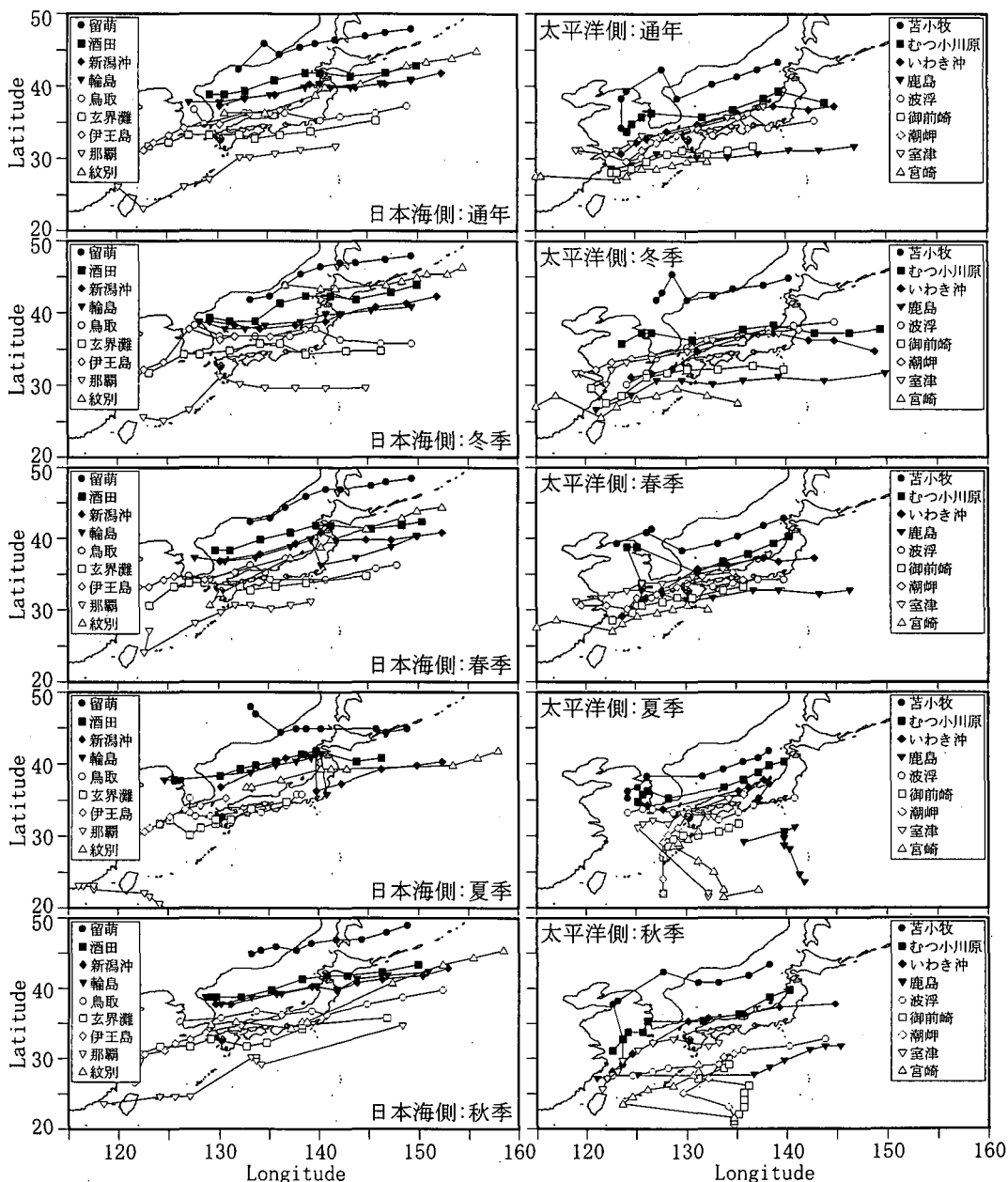


図-4 気圧と有義波高の負相関係数の最大位置の軌跡

地点の特性に近いため、日本海側の地点として処理した。同様に、太平洋側についても、北海道～東北にかけての地点を黒印、東海～四国、九州にかけての地点を白印で示している。

日本海側の通年、季節別について見ると、黒印で示す北海道～北陸の各地点の負相関の最大値は秋田以北を横切る形で東北東進する軌跡を示している。また、白印で示す中国～九州・沖縄の負相関の最大値は、ほぼ東京以南を東北東進する移動軌跡を示しているが、冬季では那覇

を除きほぼ日本列島を真横に横切る傾向がある。那覇では、年間を通じて日本の南海上に北東進する軌跡を示す。これは那覇が冬型気圧配置よりも南岸低気圧や台風等の低気圧の移動による影響を強く受けるためである。なお、日本海側の他地点、主として白印で示す鳥取以南の地点では、各季節で発生する日本海低気圧や南岸低気圧等の移動性低気圧や夏季、秋季において日本の南海上から北上する台風の影響により南岸沿いを東北東進する軌跡を示す。しかし、鳥取以北の地点では、季節別の違いはあ

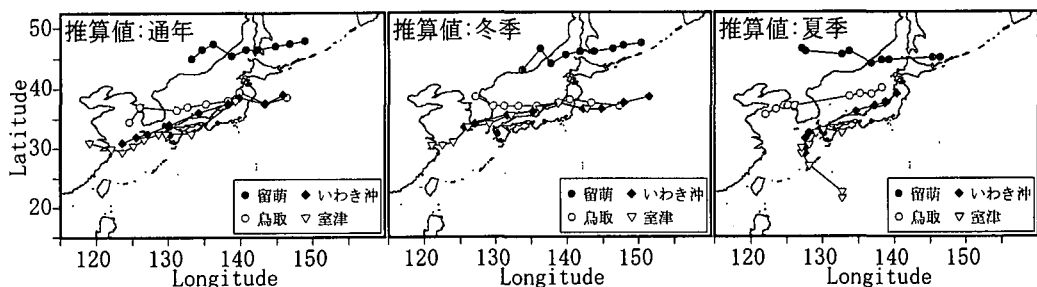


図-5 気圧とWAMにより推算された波高の負相関係数の最大位置の軌跡

まり明瞭ではない。

太平洋側について見ると、日本海側ほど明瞭な差は見られないものの、鹿島を除き、北緯35°付近で北海道～東北と東海～四国・九州の負相関の最大値の軌跡が別かれている。冬季および春季については、ほぼ全地点で東北東進する移動軌跡を示しているが、夏季および秋季では東海・四国・九州の各地点で、台風の影響により南海上から北進および北東進する軌跡が現れている。

(2) 波浪推算を利用した検討

図-4は地点毎に低気圧がどこを通過する場合に高波が発生しやすいかを示す有用な情報であるが、波浪観測データが必要となる。波浪観測データがない海域でも同様な情報を抽出する手段として波浪推算の利用が考えられる。

図-5は、WAMで波浪推算した結果を相互相関解析し、図-4と同様に負相関の最大値の軌跡を示したもので、留萌、鳥取、いわき沖および室津の通年、冬季、夏季の結果を示した。図-5より、波高の低い夏季の鳥取を除き、通年、冬季、夏季ともに、観測値と推算値はよい一致をしている。以上、図-4のような気象・波浪相関図による検討には波浪推算の利用も可能であることが確認できた。

(3) 長周期波浪成分の出現特性に関する検討

図-1～4と同様な検討を波浪に含まれる長周期成分についても行う。ここでは、上記の18地点の観測データをスペクトル解析し、周期20秒以上の成分を抽出して解析した。図-6は、図-2と同様に観測点毎に負相関の最大値の大きさとそれが生じたタイムラグを示したものである。図-2と同様に相関の大きさは地点により差があるが、概して日本海側は太平洋側に比べて地点毎の変動が小さい。また、太平洋側ではラグが0の同時刻に、日本海側では18時間前に負相関の最大値が現れる傾向がある。

図-7は、長周期波成分において図-4にならい負相関の最大値の軌跡を示したものである。日本海側の通年、冬季、春季では有義波高とほぼ同様な傾向が見られる。

これは、これらの季節の主たる擾乱発生要因が冬型気圧配置によることが主な原因である。夏季の伊王島では有義波高では見られなかった南海上から北進する軌跡が現れ、伊王島の長周期成分の発生要因として台風の影響が強いことが示唆される。また、秋季では鳥取以南の観測地点において太平洋沿岸を北東進する軌跡を示す。これは、これらの地点で発生する長周期成分が台風及び南岸低気圧等の影響によるものであることを示唆している。

太平洋側の通年では宮崎が特徴的であり、南海上からの北進軌跡を示す。この結果は、宮崎の長周期成分の発生要因として台風の影響が強いことを示唆している。冬季、春季については、顕著な長周期成分を発生させる擾乱が少ないことから、各地点ともに有義波高と同様な傾向を示す。夏季では、有義波高の場合と同様に鹿島、御前崎、潮岬、室津、宮崎の5地点において台風の影響による北進の軌跡が現れているが、新たに波浮についても台風の影響と考えられる台湾付近の南海上から北東進する軌跡が見られる。また、秋季の鹿島、波浮、室津における軌跡の出現特性は特徴的である。図-4中の太線で示すように長周期成分に影響を及ぼす気象要因(ソース)がまったく異なった場所に2つ存在し、1つは太平洋上の台風、他の1つは東シナ海付近の台風および移動性低気圧の影響を示していると考えられる。これら2つのソースの影響範囲は、鹿島、室津で30時間前、波浮で12

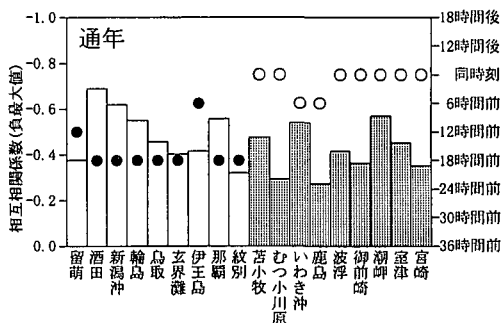
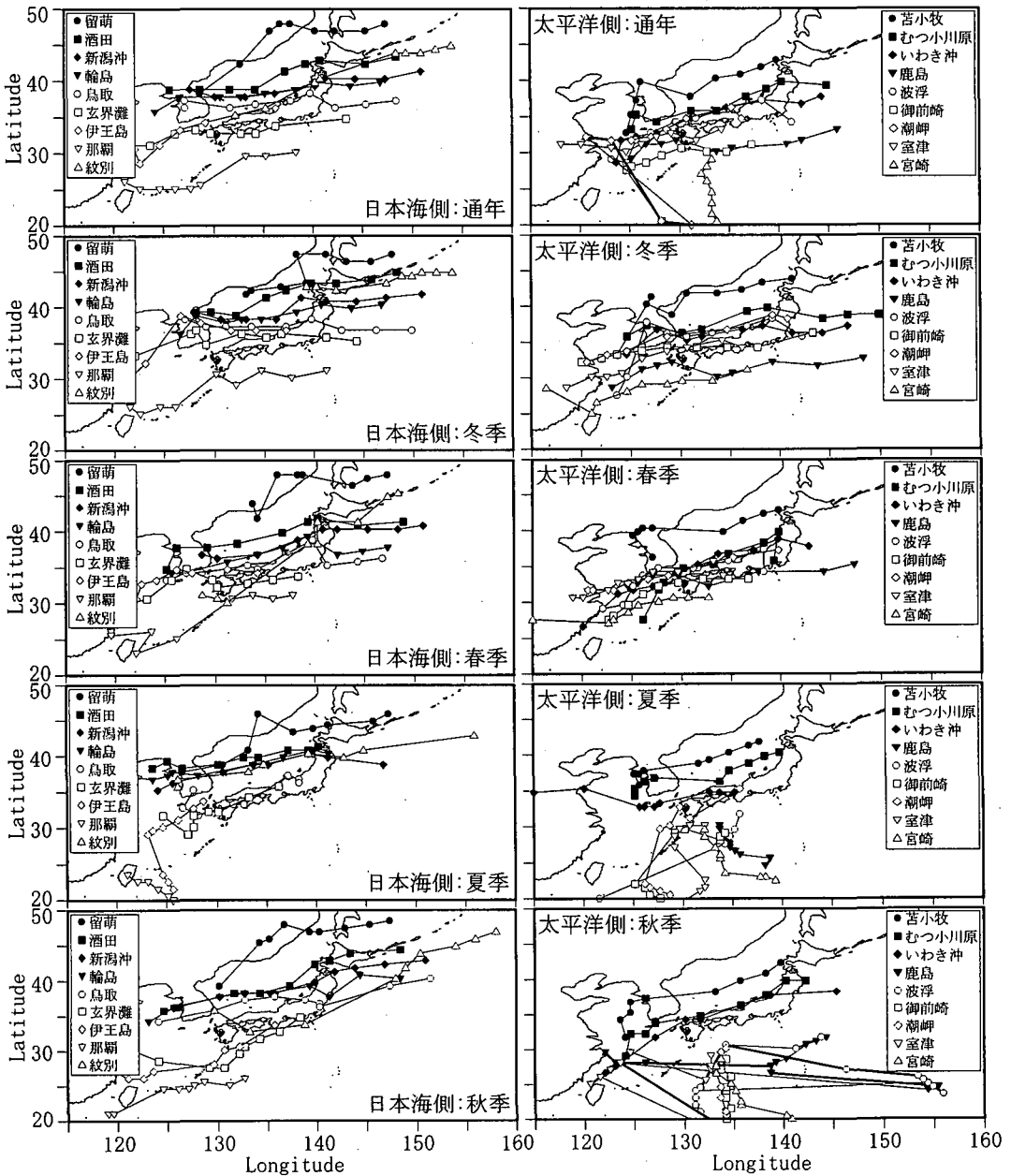


図-6 負相関係数の最大値とタイムラグ (長周期成分)



図一7 気圧と20秒以上長周期波成分の負相関係数の最大位置の軌跡

時間前には日本の南海上で1つの影響範囲で示され、北進および北東進する軌跡を示す。なお、北海道～東北(鹿島を除く)の軌跡は、日本海側と同様に季節による変化は小さい。

4. おわりに

気象・波浪相関図を用いて我が国沿岸の波浪の出現特性を検討した。本解析により、我が国沿岸に影響を及ぼすであろう低気圧や台風などの各地点毎の代表的な経路

などが明らかになった。本稿では紙数の都合で、主として負相関の最大値の解析例を中心に示したが、本稿で検討したいくつかの事項は実務上でも有用と考えられることから、別の機会にまとめて報告する予定である。

参考文献

広瀬宗一・高橋智晴 (1982): 観測結果に基づく沿岸波浪の出現特性, 港研講演会論文集, pp. 1-55.