

冬季における沖合流れの発生に関する検討

STUDY ON THE GENERATION OF OFFSHORE STRONG CURRENTS IN WINTER SEASON

横田雅紀¹・田中孝明²・安部雄太郎²・山城 賢³・橋本典明⁴

Masaki YOKOTA, Takaaki TANAKA, Yutaro ABE,
Masaru YAMASHIRO and Noriaki HASHIMOTO

¹正会員 工修 九州大学助教 工学研究院環境都市部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

²学生会員 九州大学大学院工学府 海洋システム工学専攻 (同上)

³正会員 工博 九州大学助教 大学院工学研究院環境都市部門 (同上)

⁴フェロー 工博 九州大学教授 大学院工学研究院環境都市部門 (同上)

It was recognized that strong residual currents temporarily rose in the offshore area, and the occurrence greatly influence the balance of sands on the coast. However, study case of strong currents were quite few, because the difficulty in long term observation in the offshore area. The current measurements on the other hand, have been carried out by NOWPHAS at several stations in the coastal area around Japan since 1996. With the data, it has turned out that typhoon approach contributed to the generation of the offshore strong currents, and it was also found that many of the strong currents occurred in winter at Naoetsu. In this study, to figure out the mechanism of the generation of the strong currents, the occurrence characteristics of the offshore strong currents in winter was investigated based on the wind speed and the atmospheric pressure provided by Japan Meteorological Agency. As a result, it was verified that the dry monsoon contributes to the generation of offshore strong current in the Japan Sea side. In addition, it was also found that the currents velocity reached about 60cm/s at Naoetsu and Niigata in winter.

Key Words : Offshore strong currents, observational data NOWPHAS, dry monsoon

1. はじめに

全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) では、波浪の観測を主な目的として全国沿岸の沖合に設置した海象計により、流向・流速が観測、保管されている。沖合における流況の観測事例は少なく、沖合流れの発生特性を解明する貴重なデータといえる。沖合流れについては、これまでに日本海側の砕波帯外の水深約 15m の地点の下層で冬季風浪時に大規模で強い平均流 (沖合流れ) が発生することが指摘されている (佐藤, 1995 ; 安田ら, 1995) ^{1),2)}。海岸付近における長期的な土砂収支や水質環境の保全を検討するうえでは、沖合流れが浅海域に及ぼす影響や、沖合流れの発生メカニズムの解明が非常に重要である。著者らは海象計により取得された流れのデータをもとに、全国沿岸域の流況特性について、沖合流れの発生に着目した検討を行い、沖合流れの発生に台風の接近が大きく寄与すること、日本海側の直江津では冬季に多くの沖合流れが発生することを明らかにしている (横田ら, 2008) ³⁾。本論文では、冬季における沖合流れの発生メカニズムを解明することを目的として、冬季の日本海側の観測地点における流れのデータを整理し、気象データとの比較による検討を行った結果について述べる。

2. データの整理および気象との比較

(1) 検討に用いたデータ

流れデータについては図-1 に示すとおり、2003 年 12 月時点で海象計が設置されていた 26 地点のうち、日本海側で 2 年以上のデータが蓄積されている 7 地点の上層データを選定し、気象データについては 2001 年の 3 月から気象庁により提供されている GPV データ (メソ解析値) を使用した。



図-1 地点図

2 時間間隔の生データ（毎偶正時前後の 20 分間の平均値）から潮流成分を除去するため、東方成分流速、北方成分流速それぞれについて 24 時間移動平均を施した。なお、欠測により 24 時間の連続データが無い期間については検討の対象から除外した。各地点における流向・流速の頻度分布は図-2 に示すとおりである。いずれの地点においても、地形に沿って北～東方向への流れの発生頻度が高く、頻度が高い方角で強い流速も多く発生していた。

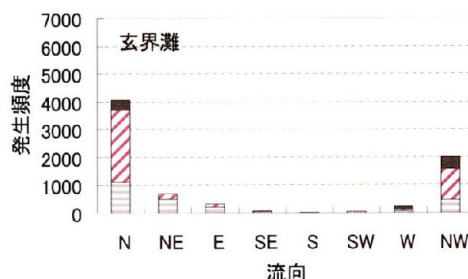
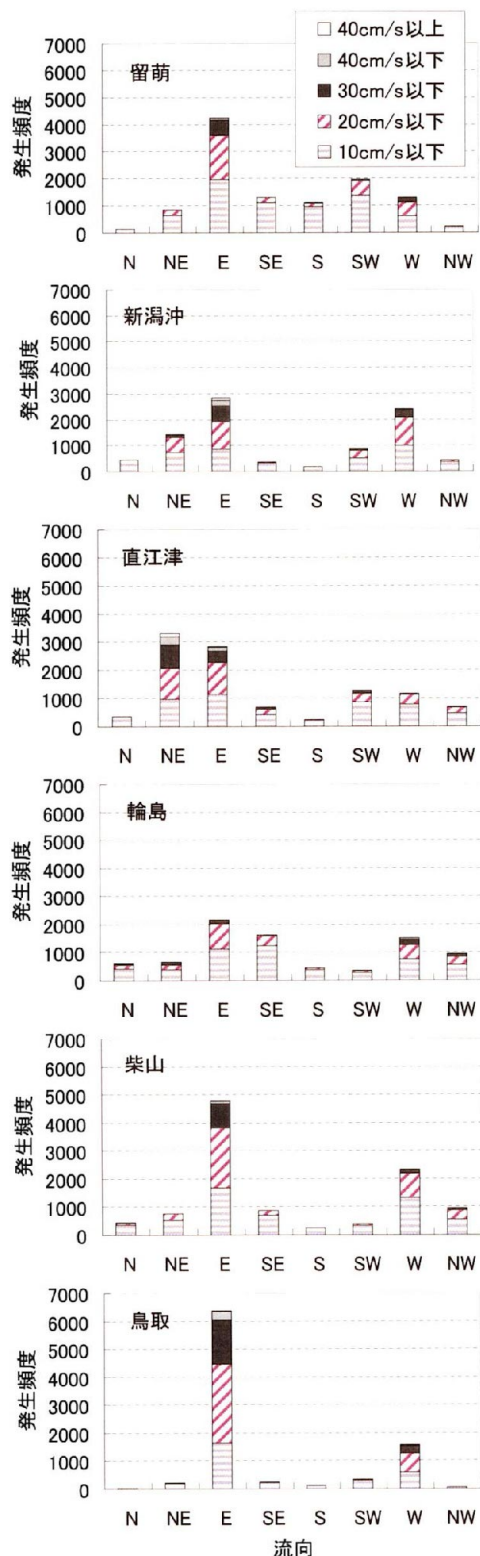


図-2 流向・流速頻度分布



(2) 基準値の設定と季節別の基準値超過数

各観測地点における海象計の設置水深とデータの取得水深は表-1 に示すとおりであり、設置水深及び観測層が地点により異なるため、特定の流速を全地点における沖合流れと定義することは困難である。そこで、本検討では各地点の流速データに対し、平均値 μ と標準偏差 σ から $\mu+3\sigma$ を基準値に設定し、季節別の基準値超過データ数を地点別に整理した（表-2）。なお、ここでは 2 時間間隔の流れデータから、気象データの提供時刻に対応する 6 時間間隔のデータ（4140 個）を抽出し、基準値の算定を行った。各地点における基準値は日平均流速であるにも関わらず、29.1～40.4cm/s と大きく、物質収支に大きな影響を与えるものと考えられた。冬季における基準値の超過データ数は新潟沖、直江津で多く、超過数の半数近くを占めているが、他の地点では冬季における基準値の超過データ数は少ない傾向がみられた。

表-1 海象計の設置水深と観測層

地点	水深 (m)	上層 (m)	下層 (m)
留萌	50.0	10	30
新潟沖	33.3	10	25
直江津	31.5	10	20
輪島	52.0	15	30
柴山	41.1	10	35
鳥取	30.4	10	20
玄界灘	37.7	10	30

表-2 基準値と季節別の基準値超過数（上層）

地点	平均値 (cm/s)	基準値 (cm/s)	超過データ数				
			春	夏	秋	冬	全期間
留萌	9.5	29.1	23	20	6	0	49
新潟沖	12.2	38.9	2	8	15	25	50
直江津	12.6	40.4	11	8	9	21	49
輪島	9.6	30.2	0	24	20	0	44
柴山	10.8	31.6	1	8	13	6	28
鳥取	14.2	39.4	1	0	9	5	15
玄界灘	12.9	30.7	0	0	10	0	10

春：3～5 月，夏：6～8 月，秋：9～11 月，冬：12～2 月

(3) 冬季における基準値の超過

表-3 は新潟沖、直江津において基準値を超過した期間における流速及び気象概況を整理したものである。対象期間中に新潟沖で7回、直江津で5回の超過期間があり、1年に1～3回程度の頻度であった。また、同時期に2地点で基準値を超過するケースが多く、基準超過時には連続して超えるケースが多く、2日以上続くケースもみられた。全てのケースで西よりの風、東向きの流れが発生しており、新潟沖では60cm/sを超える流速が確認された。ここでは示していないが、下層においても同一方向の流れが大きくなる様子がみられた。

表-3(1) 基準値超過期間の流速及び風況（新潟沖）

	発生日	継続	流れ		風		
			最大値 (cm/s)	流向	最大値 (m/s)	風向	平均値 (m/s)
1	2001 12/14	7	63.0	ENE	15.3	WNW	12.7
2	2001 12/30	1	39.7	E	12.5	WNW	12.5
3	2002 1/8	8	67.9	ENE	14.8	WNW	12.0
4	2002 1/22	1	44.2	ENE	5.5	SW	5.5
5	2002 2/19	4	40.9	E	11.8	NW	9.1
6	2003 1/28	2	66.3	E	11.5	W	10.8
7	2003 12/13	2	45.8	E	10.9	W	10.5

表-3(2) 基準値超過期間の流速及び風況（直江津）

	発生日	継続	流れ		風		
			最大値 (cm/s)	流向	最大値 (m/s)	風向	平均値 (m/s)
1	2001 12/14	6	54.5	ENE	16.5	W	14.0
2	2002 1/9	2	41.7	ENE	15.6	W	13.7
3	2002 2/18	3	46.4	ENE	14.1	W	12.2
4	2003 1/28	9	47.8	ENE	14.0	WSW	12.0
5	2003 12/20	2	45.7	NE	22.7	NW	15.4

図-3 は GPV データをもとに、新潟沖及び直江津で基準値の超過が確認された2001年12月15日及び直前の12月14日における気圧及び風速の分布図を作成したものである。図中のベクトルは風速分布、等値線は気圧分布を表している。オホーツク海に低気圧の中心があり、日本海では気圧の等圧線が込合う冬型の気圧配置となっており、西よりの風が卓越していることが伺える。

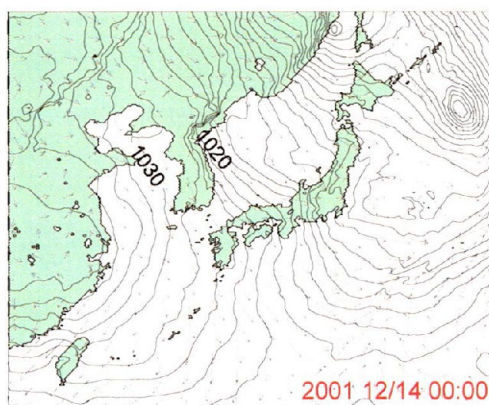


図-3(1) 基準値超過直前の気象分布

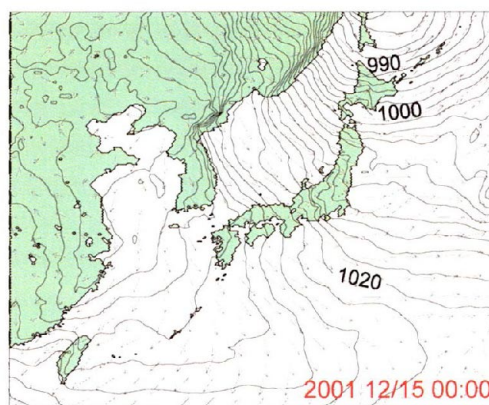


図-3(2) 基準値超過時の気象分布

図-4 は冬季における鳥取と留萌の気圧差を同時刻の直江津における流速と比較したものである。気圧差の増加に比例して流速が大きくなる様子がみられることから、冬型の気圧配置で直江津の流速が大きくなっているものと考えられる。

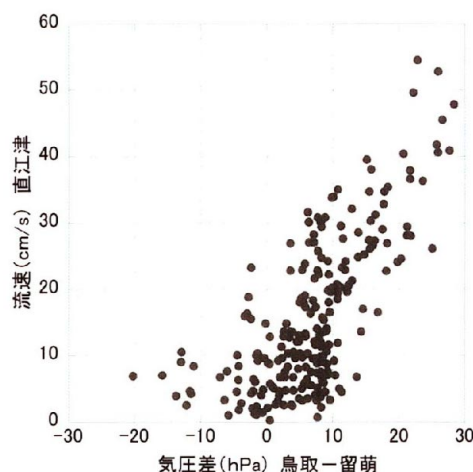


図-4 気圧差(鳥取-留萌)と流速(直江津)の比較

2001年12月1日から2002年1月31日までの2ヶ月間における気圧(留萌、鳥取)、風速(新潟沖、直江津)及び流速(留萌、新潟沖、直江津、輪島、柴山、鳥取)の経時変化を図-5に示す。なお、風速については変動が大きいため、30時間移動平均したものをプロットしており、玄界灘については欠測であったためプロットしていない。

鳥取の気圧が低下した後に留萌の気圧が大きく低下し、鳥取と留萌の気圧差が増加した際に、新潟、直江津の風速が増大する様子がみられた。これは、冬型の気圧配置となることで、冬季季節風が発生したものと推察される。風速増大後には各地点で流速が増大しており、直江津、新潟沖、柴山及び、鳥取で基準値を超える流れが発生している。留萌、輪島については基準値を超過していないものの、同時期に流速が増大する傾向がみられる。また、図には各観測地点における下層の流速も併せてプロットしているが、上層と同様の変動傾向がみられた。

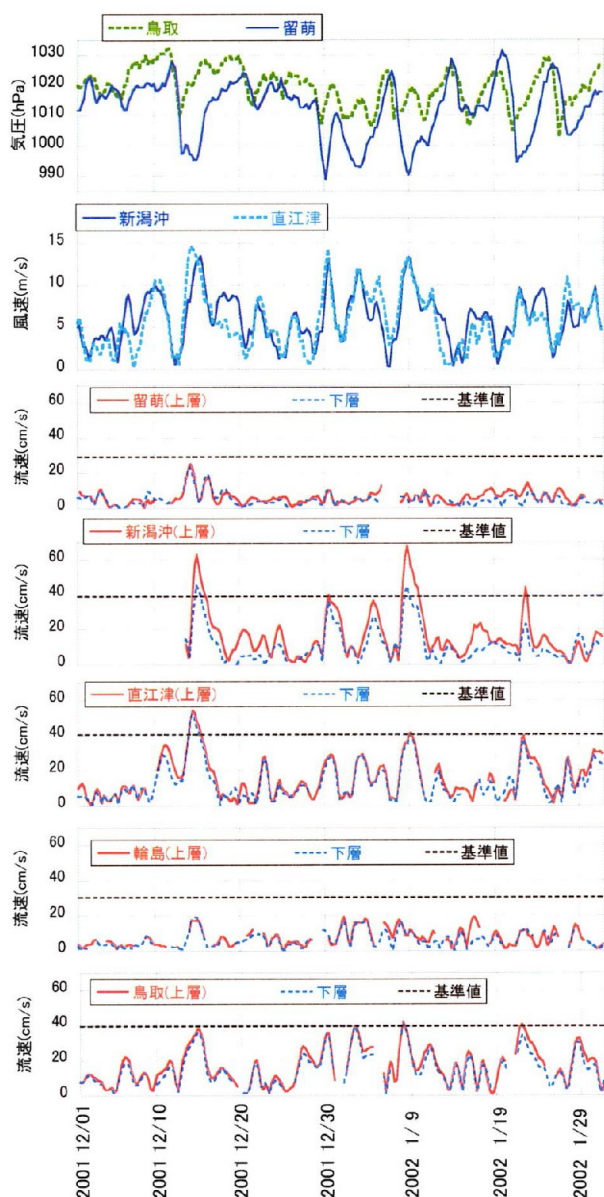


図-5 気圧、風速及び流速の経時変化

(4) 気象との相関解析

相互相関解析を行うにあたり、気象、流れともに元データの前後24時間の単純移動平均値から前後84時間の範囲による7日間の単純移動平均値を差し引くことにより長期変動成分を除去し、数日先の変動を予測する上で有用な情報を抽出した。各観測地点近傍における風速絶対値及び気圧と流速絶対値との相互相関解析結果は図-6に示すとおりである。地点により相関の大きさには差がみられるものの、全期間での相関係数に比べて冬季を対象とした相関係数が高くなる傾向にあり、同時刻～12時間前の風と正の相関が高く、6時間前～30時間前の気圧と負の相関が高い様子がみられた。また、気圧との負相関ピークは西側の地点ほどタイムラグが小さくなる傾向がみられた。

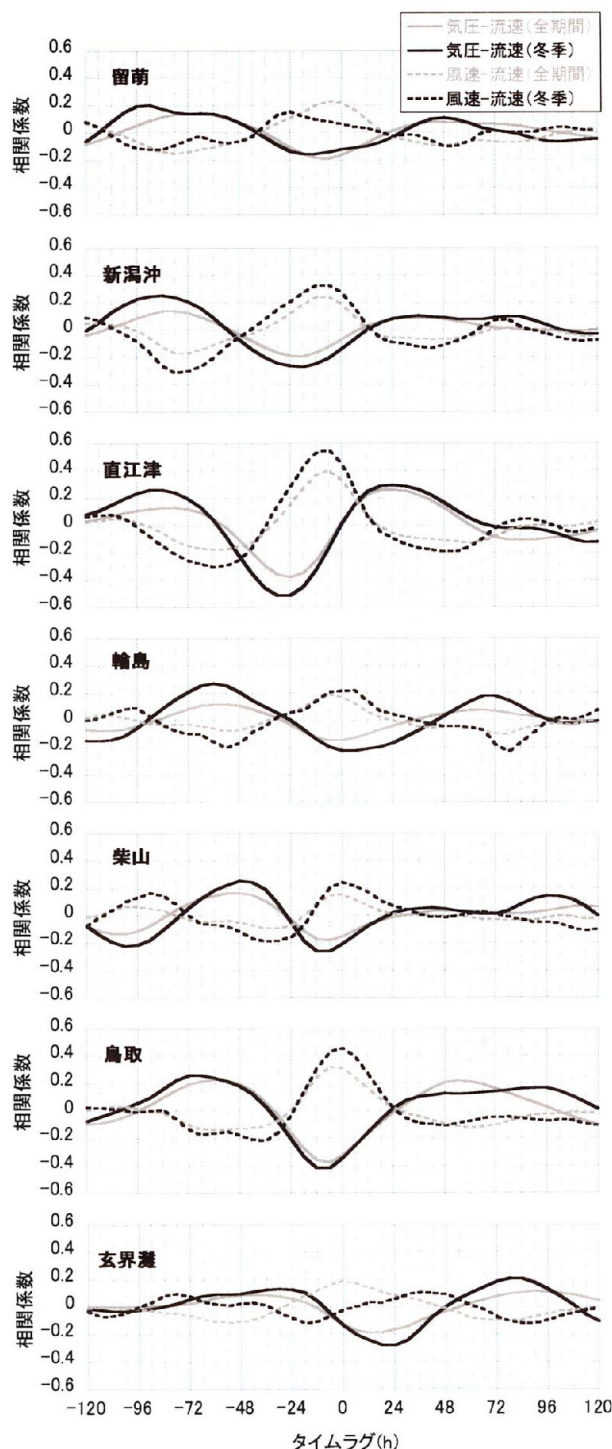


図-6 相互相関関数

図-7 は直江津における各方向成分の流速と気象の相互相関解析結果について、相関係数最大値を比較したものである。気圧と流速の相関をみると、東方成分流速で最も負の相関が大きく、北方成分流速の相関はやや低い傾向がみられた。風速と流速の相関をみると、北方成分風速との相関が低い傾向にあり、東方成分風速と東方成分流速の相関が最も小さくなっていた。これは、直江津周辺における海岸地形の影響を受けているためと考えられる。以下では、東方成分流速と気圧及び東方成分風速に着目し、検討を行う。

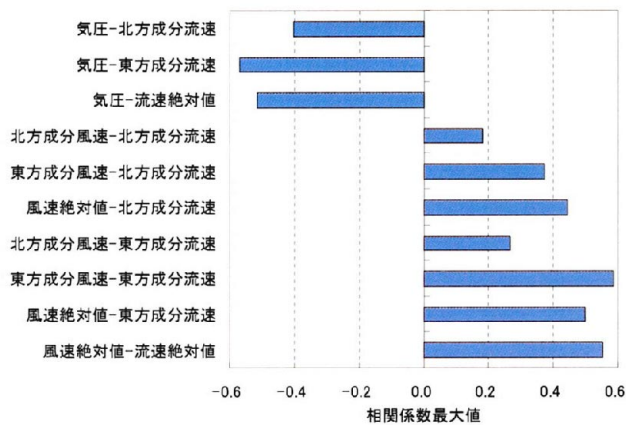


図-7 直江津における相互相関係数の最大値

図-8 は相関解析結果をもとにタイムラグ別に日本周辺海域の気象データ(気圧、東方成分風速)と直江津における東方流速(東方成分の24時間平均値)との相関係数分布を地図上に等値線で示したものであり、タイムラグが-24h、-12h 及び 0h を例示している。等値線は気圧との相関では負相関を実線、風速との相関では正相関を実線で示しており、0.05 刻みで描画した。気圧の相関は、タイムラグ-24h の極値が直江津北部の日本海上にあり、時間とともに相関の極値が北西に移動していく様子がみられる。この極値の移動は、擾乱の移動そのものを示すものではないが、観測地点における流速の変動と関係が深い位置を示しており、沖合流れの発生予測を行う上で、着目すべき海域を明らかにすることが可能である。風速の相関においては、極値となる地域は

明瞭ではないが、気圧と同様に極値が日本列島を西から東に移動する様子がみられた。風速分布は気圧分布の変動に伴って変化するものと考えられることから、以下では気圧と東方成分流速との相関について極値の移動特性に着目し、検討を行った。

図-9 は冬季の気圧と流速で比較的高かった新潟沖、直江津、鳥取、輪島について、図-8 の相関係数分布をもとに、極値(負相関最大値)の軌跡を示したものであり、タイムラグ-48h から 0h を 6 時間毎のマーカーで示している。いずれの地点においてもタイムラグ-12h から-24h では観測地点の北部に位置する日本海に極値があり、時間とともに東へと極値が移動する傾向がみられた。

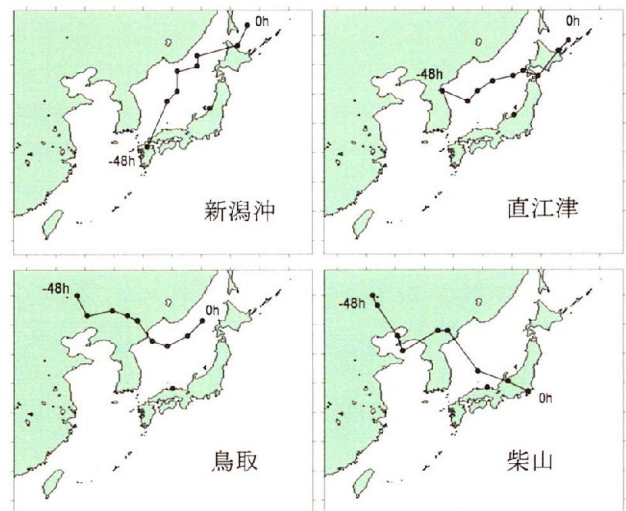


図-9 極値の軌跡

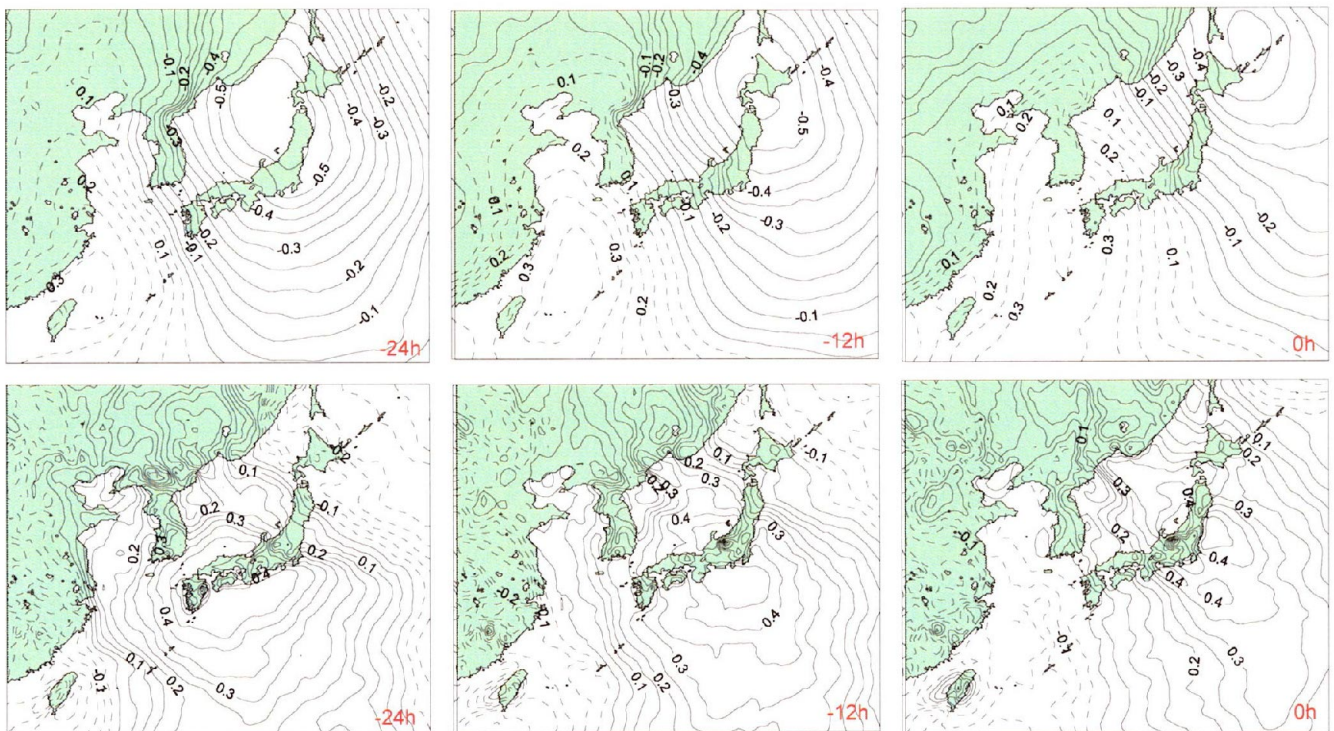


図-8 直江津における相関関数分布例(上段: 気圧と東方流速の相関, 下段: 東方風速と東方流速の相関)

3. おわりに

冬季の日本海側における流れデータについて、大規模残差流（沖合流れ）の発生状況について、各地点で設定した基準値を超過する流速の発生状況を確認したところ、平均で 2 回/年程度と頻度は少ないものの、最大で 2 日程度連続しており、北陸付近の広い範囲で 60cm/s 程度の非常に大きな東向きの平均流が発生していること、冬型の気圧配置に伴う西よりの冬季風浪が発生に寄与していることが確認された。なお、発生規模や沿岸域に与える影響についての検討を行うためには、数値シミュレーションによる検討を行う必要があるものと考えられる。

参考文献

1) 佐藤慎司：日本海沿岸で観測された流れの特性，土木

学会論文集，No.521/II-32,pp.113-122,1995.

- 2) 安田孝志，森信人，加藤茂，佐藤慎司：石川海岸沖合いの流況特性と碎波の影響について，海岸工学論文集，第 42 巻，pp.431-435,1995
- 3) 安田孝志，加藤茂，岩田宏，佐藤慎司：碎波帯沖合い流れの特性とその成因について，海岸工学論文集，第 43 巻，pp.366-370, 1996
- 4) 横田雅紀，山城賢，橋本典明，永井紀彦：海象計による流況観測結果を用いた恒流の季節変動特性に関する検討，海洋開発論文集，第 23 巻，pp.615-620,2007
- 5) 横田雅紀，安部雄太郎，山城賢，橋本典明，永井紀彦：台風接近に伴う沖合流れの発生に関する検討，海洋開発論文集，第 24 巻，pp.435-440,2008
- 6) 横田雅紀，安部雄太郎，山城賢，橋本典明，永井紀彦：気象と流れの相関解析に基づいた沖合流れの発生に関する検討，海岸工学論文集，第 55 巻，pp.411-415,2008