

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

STUDY ON A SEASONAL CHANGE OF CURRENTS
USING THE NOWPHAS OBSERVATION DATA

横田雅紀¹・山城賢²・橋本典明³・永井紀彦⁴

Masaki YOKOTA, Masaru YAMASHIRO, Noriaki HASHIMOTO, and Toshihiko NAGAI

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

³フェロー 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境都市部門
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

⁴フェロー 工博 (独)港湾空港技術研究所 海洋・水工部長
(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

The current measurements at several points in the coastal area around Japan have been carried out by NOWPHAS from 1996. At first, five observation points are chosen; Genkainada, Tottori, Wajima, Kuji and Omaezaki, then characteristics of currents are investigated through the analysis of the data. As a result, it is reconfirmed that the direction of the residual current calculated by the whole period of data is almost the same as the direction of the sea current generally known. Also, the seasonal change of currents is analyzed from the observation data and it is supposed that direction of prevailing currents in the Sea of Japan varies in September, mostly because of approaching typhoon.

Key Words : sea current, typhoon, observational data, seasonal change, NOWPHAS

1. はじめに

海岸付近における水質環境の保全等について検討するうえで、対象とする沿岸域の水理現象を理解することは不可欠であるが、沿岸域の流況には沖合の流れが強く影響することが指摘されており¹⁾、沿岸域における水理現象を正確に理解するためには、境界条件となる沖合の流れを十分に把握する必要がある。例えば、数値シミュレーションにより沿岸域の流況を推定あるいは予測するような場合に、沖合の境界条件を適切に設定できれば、計算精度の向上が期待できる。したがって、沖合流れの特性を解明することは、沿岸域に関する各種検討において、極めて有用であると思われる。しかしながら、実際の流況観測で得られる流れのデータには、潮汐流、海流、密度流および吹送流といった発生規模、発生期間の異なる流れが複合しているため、短期間の流況観測では季節変動特性や観測期間中の気象による影響を正確に分離することは非常に難しい。加えて、一般に現地観測は多大な費用を要するため、これまでに

得られた観測データは必ずしも十分なものではない。一方で波浪については、国土交通省港湾局の関連機関により、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS: Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS)が1970年以降に整備され、沿岸域における開発・利用・防災に関連した各種事業および調査・研究に幅広く活用されている。この全国港湾海洋波浪情報網では幾つかの計測器により波浪観測が行われているが、1995年に実用化された海象計²⁾は波浪のみならず、流れについても観測しており、一部の観測地点では、波浪に加えて流れのデータが長期間に亘って取得されている。この流れのデータを活用し、各海域における流動特性が解明されれば、沿岸域の環境評価を目的とした種々の調査・研究等に有用であろう。以上の観点から、本研究では、海象計により得られた流れデータをもとに日本沿岸の流況特性を把握することを目的としており、本論文では、その一環として、恒流成分の季節変動特性について検討した結果を述べる。

2. 観測諸元

2003 年 12 月現在において、NOWPHAS では全国の 26 地点に海象計が設置されている。そのうち、本研究における検討対象地点は表-1 及び図-1 に示すとおり鳥取、輪島、久慈、御前崎、玄界灘の計 5 地点であり、いずれも海岸から 2~3km 程度沖合に位置し、水深は 20~50m 程度である。なお、この 5 地点を選択した理由は 26 地点の中でも、比較的長期間にわたってデータが取得されている地点を選定したためである。データは鉛直 3 層において、毎偶正時を挟む±10 分（計 20 分間）の平均流向・流速が記録されており、鳥取と輪島は 1996 年 1 月、久慈は 1996 年 4 月、御前崎は 1997 年 3 月、玄界灘は 1997 年 11 月からそれぞれ取得されている。本検討では各観測地点において、観測開始時期から 2003 年 12 月までのデータを使用した。なお、各地点のデータには長期にわたる欠測期間が含まれており、全データ数に対して、鳥取は 15%程度、輪島は 13%程度、玄海灘は 17%程度、久慈は 10%程度、御前崎は 1.5%が欠測している。

表-1 観測地点の諸元と流速データの取得水深

	北緯 (WGS)	東経 (WGS)	水深 (m)	上層 (m)	中層 (m)	下層 (m)
久慈	40° 13' 04"	141° 51' 36"	49.5	10	20	30
御前崎	34° 37' 17"	138° 15' 33"	22.8	5	10	15
輪島	37° 25' 51"	136° 54' 08"	52.0	15	20	30
鳥取	35° 33' 16"	134° 09' 41"	30.9	10	15	20
玄界灘	33° 56' 02"	130° 28' 05"	39.5	10	20	30



図-1 観測地点

3. 観測結果

(1) 流速分布と周期性

図-2 は各地点の上層における東方・北方成分の流速分布を示したものである。いずれの観測地点においても、沿岸部の地形に沿う方向の流速が大きいという傾向があり、特に鳥取、御前崎、久慈では沿岸地形の影響が顕著に認められる。また、玄界灘の流速分布は他の地点の流速分布と異なった形状をしているが、これは観測地点の周辺に位置する 2 つの島の影響によるものと考えられる。なお、中層および下層の流速分布については示していないが、いずれの観測地点とも上層の流速分布と同様の傾向がみられた。

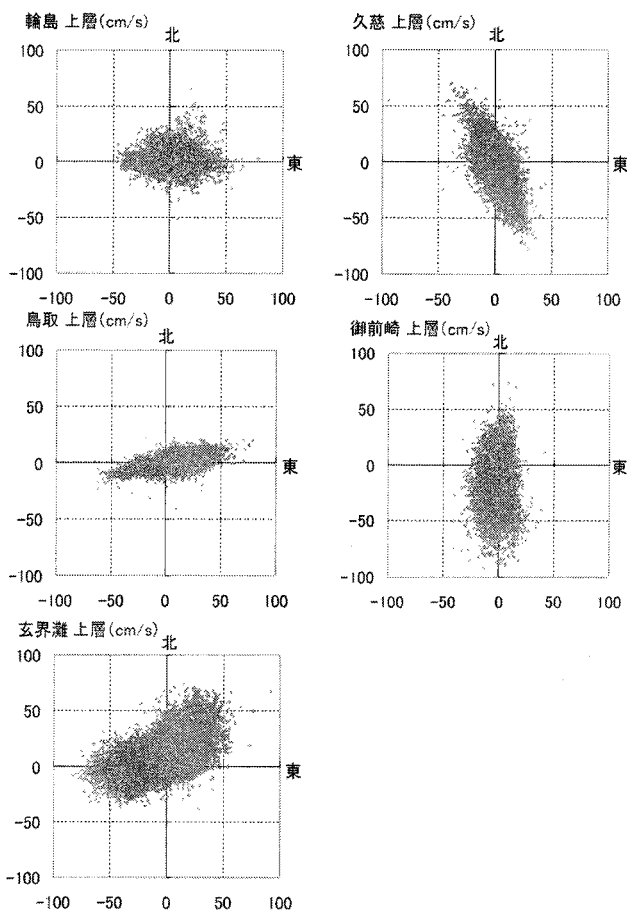


図-2 東方・北方成分の流速分布（20 分間平均値）

図-3 は各地点の上層における東方・北方成分流速の自己相関関数を示したものである。御前崎では北方成分、東方成分ともに 24 時間周期で高い相関が現れており、12 時間周期においても相関が高くなっていることから、御前崎では日周期及び半日周期の潮汐成分が寄与しており、特に日周期の潮汐が卓越していることがわかる。久慈、輪島では東方成分には明瞭なピークはみられないが、北方成分には 24 時間周期で相関が高くなっており、日周期の潮汐成分が寄与していることがわかる。鳥取では 12

時間、24 時間周期における相関は明瞭ではないが、約 100 時間のタイムラグでやや相関が高くなっており、長周期の変動の存在が示唆される。玄界灘では、12 時間周期及び 24 時間周期でいずれも高い相関を示しており、日周期及び半日周期の潮汐成分の寄与が大きいことがわかる。

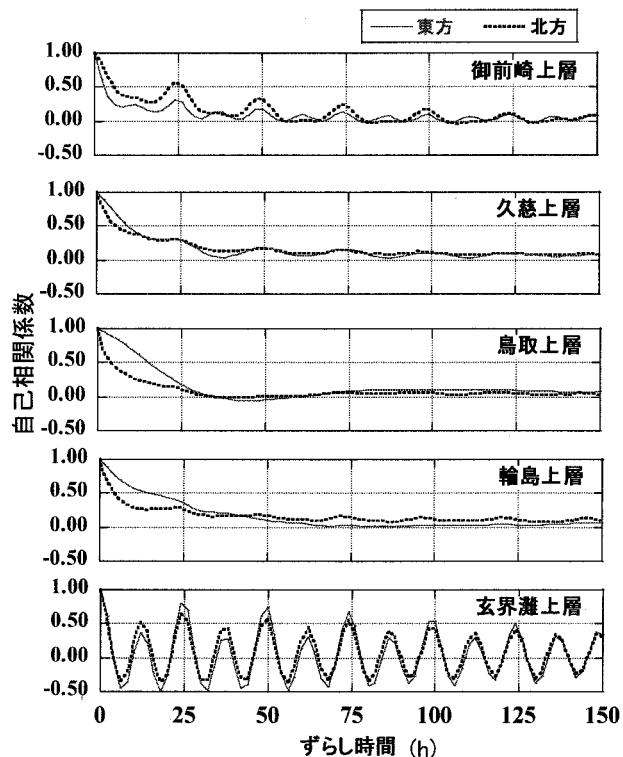


図-3 自己相関関数

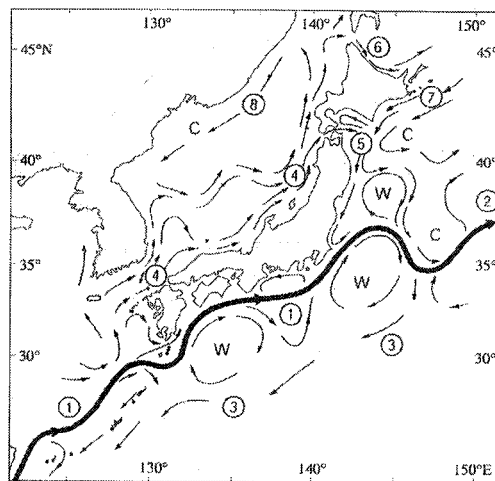
(2) 観測期間における平均的な流れ

表-2 に各観測地点における観測期間全体での東方成分流速、北方成分流速および流速絶対値の平均値を示す。各観測地点とも下層で流速がやや小さい傾向があるが、層による違いは大きくない。日本海側に位置する玄界灘、鳥取、輪島では、玄海灘で北向き、鳥取と輪島で東向きの流れが卓越しており、日本近海における表層海流である対馬暖流の影響を受けているものと考えられる。この特徴は、図-4 に示す一般的な日本近海の表層海流の流れ³⁾とほぼ同様である。太平洋側に位置する久慈および御前崎では、久慈で南南東方向、御前崎で南南西方向の流れが卓越していた。久慈については、津軽暖流の影響によるものと考えられる。一方、御前崎については、駿河湾沖で黒潮の逆流による西向きの流れが卓越し、この影響を受けて駿河湾の内部に位置する観測地点では南南西の流れになったと考えられる。

以上より、各地点における観測期間中の平均流速は、いずれも一般的な日本近海の表層海流と同様の傾向を示していることから、各観測地点における流れは日本近海の表層海流の影響を受けているものと推測される。

表-2 観測期間の流速平均値

平均流速 (cm/s)	上層			中層			下層		
	東方	北方	絶対値	東方	北方	絶対値	東方	北方	絶対値
玄界灘	-1.8	9.9	26.3	-1.6	8.0	23.5	-0.7	6.7	21.3
鳥取	8.6	0.7	15.3	8.2	0.7	14.4	7.4	0.8	13.2
輪島	1.6	0.2	10.0	1.4	0.0	8.9	1.3	-0.4	7.6
御前崎	-2.1	-9.4	16.4	-2.2	-8.2	15.1	-0.8	-6.7	13.4
久慈	3.1	-9.0	16.0	2.6	-7.9	14.2	2.4	-6.3	12.3



日本近海の表層海流図。① 黒潮、② 黒潮続流、③ 黒潮逆流、④ 対馬暖流、⑤ 津軽暖流、⑥ 宗谷暖流、⑦ 親潮、⑧ リマン海流。

図-4 一般的な表層海流の流れ³⁾

(3) 恒流の季節変動

図-5 は各調査地点における流速の絶対値について、月別の平均値を示したものである。各観測地点とも、平均流速が季節的に変化していることが確認できる。鳥取では冬季に流速が大きくなり、御前崎、久慈、玄界灘、輪島では夏季から秋季にかけて流速が大きくなる傾向がある。

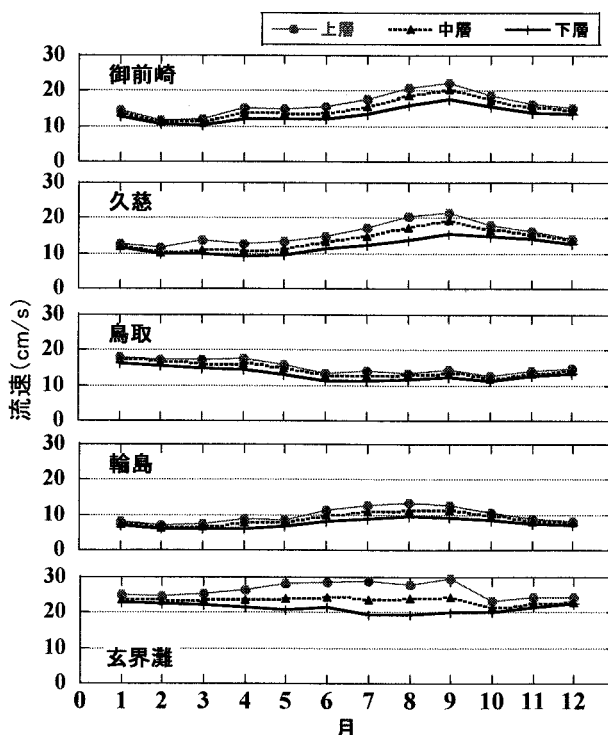


図-5 流速絶対値の月別平均値 (cm/s)

図-6 は各観測地点の周辺のアメダスによる 2003 年の月別の平均風速を示したものである。風速は各観測地点とも冬季に大きくなる傾向があり、図-5 に示した流速の絶対値が大きくなる時期とは明確な相関が認められなかった。

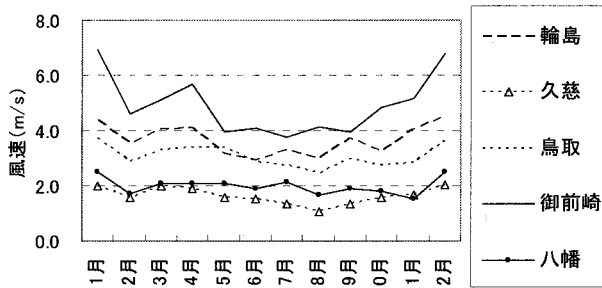


図-6 2003 年における風速の月別平均値(アメダス)

図-7 は玄界灘における流速の東方・北方成分と八幡における風速の東方・北方成分について、30 日間移動平均を施した経時変化を示したものである。玄界灘の北方成分流速は、各層とも観測期間を通して北向きの流れが卓越しているが、流速の絶対値には明瞭な年周期の変動がみられており、上層では夏季に北向きの流速が大きく、逆に下層では夏季に北向きの流速が小さくなっている。また、八幡では北方成分風速には明確な変動傾向がみられないが、東方成分風速は年変動がみられており、冬季に西向きの風が強くなっている。この季節風が玄界灘の北方成分流速における季節変動および鉛直差に影響していることが考えられる。この他に河川水の流出による密度流や海底地形が複合的に影響していることも考えられる。

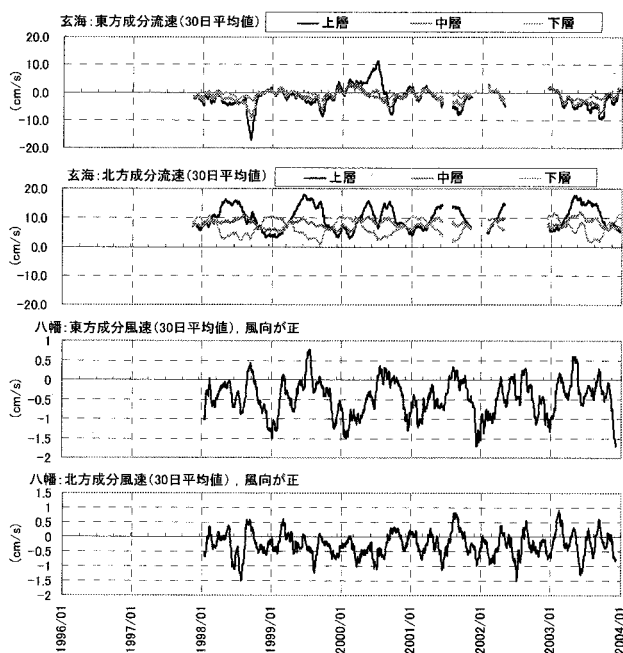


図-7 30 日間移動平均流速の経時変化(玄界灘)

図-8 は日本海側の 3 地点における東方成分流速について、30 日間移動平均を施した経時変化を示したものである。鳥取および輪島の北方成分流速については、流速が小さいため示していない。鳥取と輪島では、対馬海流の影響と考えられる東向きの流れが卓越する傾向にあるが、秋季に、一時的に東向きの流速が小さくなる傾向があり、西向きの流れが発生するケースも多くみられた。玄界灘では、西向きの流れが卓越しているが、秋季に一時的に西向きの流速が大きくなる傾向がみられた。この秋季にみられる一時的な西向きの流れは、3 地点で、ほぼ同時期に発生していることから、日本海沿岸に沿った広い範囲の海域で、一時的に沿岸付近の流向が変化しているものと考えられる。秋季は日本列島への台風の来襲が多くなる時期であることから、日本列島に台風が来襲した際の気圧配置、あるいはそれに伴う強風が、西向きの流れを発生させる要因となっている可能性が考えられる。なお、外洋における海流の勢力の変動が影響していることも考えられるため、西向きの流れが発生していない時期も含め、周辺の気圧分布や風向・風速分布との相関について、より詳細な検討が必要と考えられる。

図-9 は、図-8 で示した流速の経時変化のうち、西向きの流れが発生していた時期の一例として、2003 年の 8 月から 10 月の期間を抽出し、東方成分流速および北方成分流速について、50 時間移動平均値の経時変化を示したものである。この期間において日本列島付近に台風が来襲した期間を矢印の範囲で示している。期間中に 4 つの台風が日本列島を通過しており、台風の通過とともに、西向きの流速が大きくなる傾向が認められる。特に 9 月 19~23 日にかけての台風通過時には 3 地点ともに、40cm/s 程度の成分流速が確認された。

表-3 は 1996 年から 2003 年までの期間に本土に接近した台風(台風の中心が本州、北海道、九州、四国のいずれかの気象官署から 300km 以内に入った場合)の月別個数を示したものである。この表から、毎年 9 月ごろに接近する台風が多いことがわかる。以上より、秋季における西向きの流れの発生には、台風の来襲が大きく寄与するものと考えられる。

表-3 本土への台風接近数

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
1996							2	1	1				4
1997						2	1	1	2				6
1998									5	1			6
1999							1	1	3				5
2000							3		2				5
2001								1	2	1			4
2002						1	4	2		1			8
2003				1	1	1		1	2				6

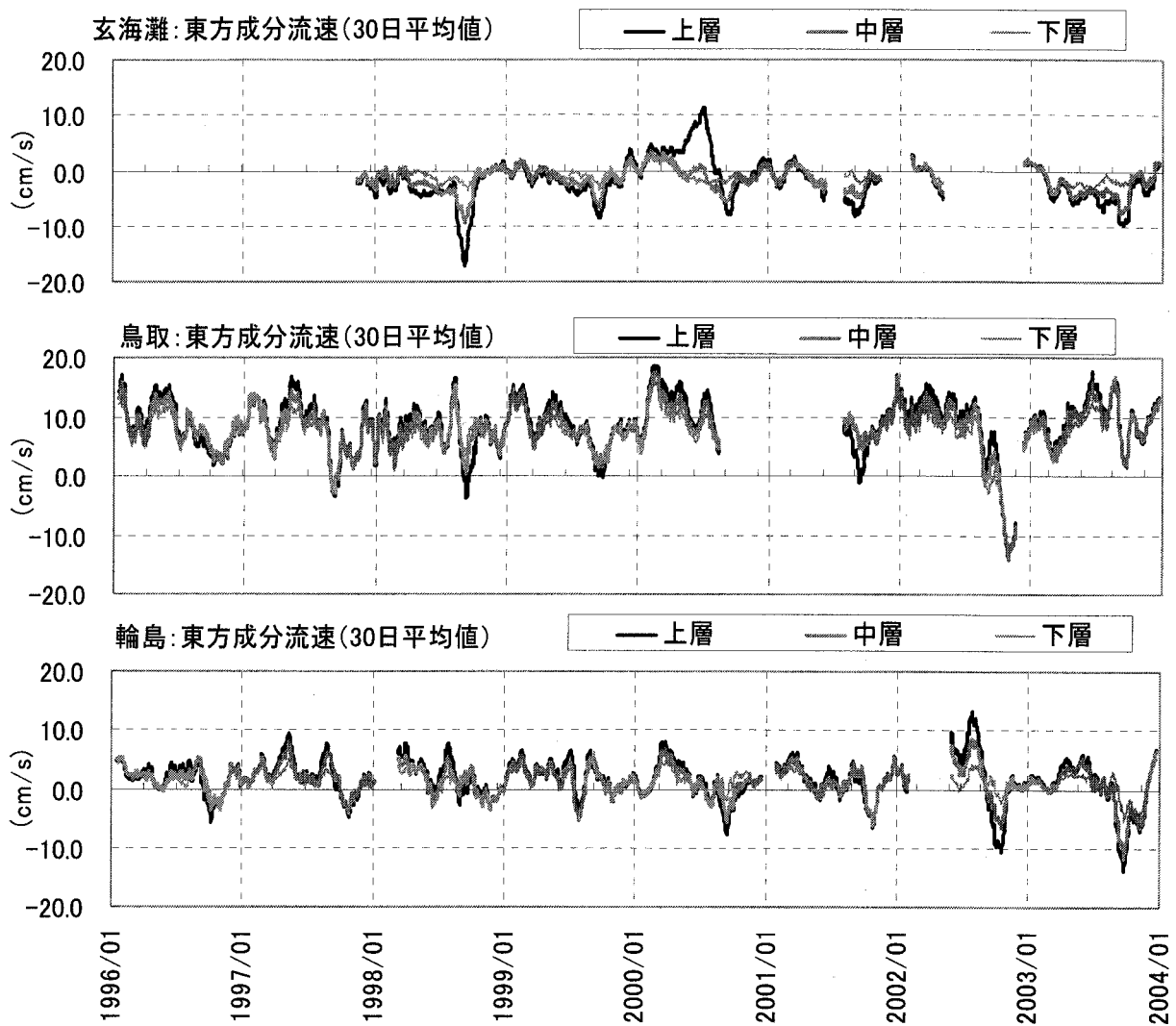


図-8 30日間移動平均流速の経時変化（日本海側）

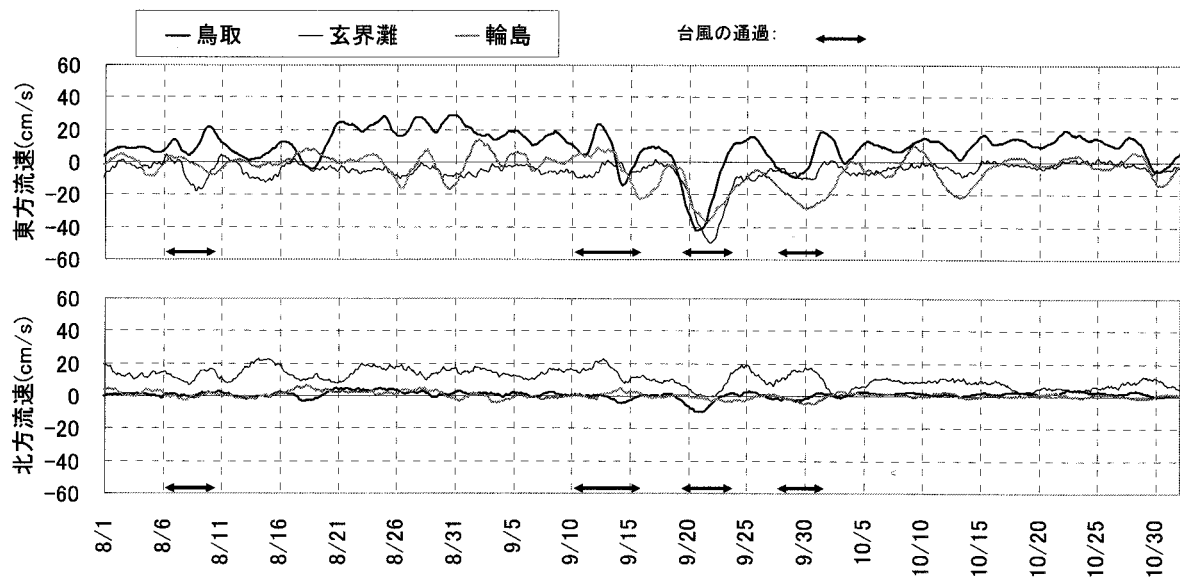


図-9 台風通過時の日本海側における東方・北方成分流速の経時変化（50時間移動平均値）

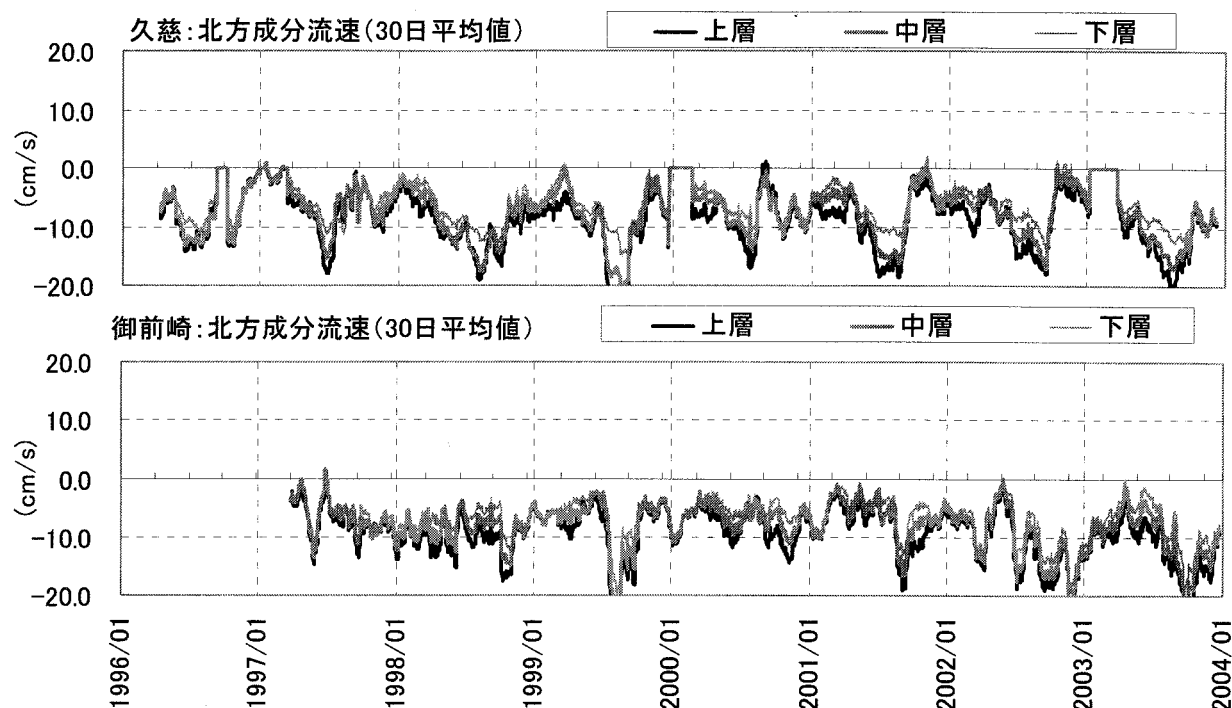


図-10 30日間移動平均流速の経時変化（太平洋側）

図-10 は太平洋側の久慈及び御前崎における観測期間中の北方成分流速について、30 日間移動平均流速の経時変化を示したものである。久慈及び御前崎における東方成分流速は北方成分流速と比較して小さく、変動傾向は北方成分とほぼ同様であったため、示していない。久慈では南南東向きの流れ、御前崎では南南西の流れが卓越する傾向にあるが、久慈では7月～9月、御前崎では9月～10月にかけて流速が大きくなる傾向がみられた。

気象庁が公開している黒潮流軸図から、秋季における黒潮の流軸と御前崎付近との距離を確認すると、1999年、2002年、2003年に流軸が御前崎付近に接近していた。これらの年は、その他の1997年、1998年、2000年、2001年と比較すると、秋季における南向きの流速が大きくなる傾向がみられていた。日本海同様に台風通過による影響を受けて、流速が大きくなる場合も考えられるが、久慈と御前崎では流速が大きくなる時期に差がみられることから、太平洋側では台風の影響のほかに、黒潮の流軸の変動が大きく影響するものと考えられる。

4. 結論

観測期間中の平均流速は、いずれも一般的な日本近海の表層海流と同様の傾向を示していることから、各観測地点における流れは日本近海の表層海流の影響を強く受けているものと推測される。

各観測地点の成分流速は年周期の変動を示す傾向があり、日本海側では、秋季に一時的に東向きの流速が小さくなる、又は西向きの流れが発生するとい

う特徴があり、太平洋側では、秋季に南向きの流速が大きくなる傾向がある。

日本海における秋季の一時的な流況の変化には、台風の来襲による影響が大きく寄与していると推測されたが、外洋における海流の勢力が変化している可能性もあり、周辺の気圧分布や風速分布との相関について詳細な検討が必要と考えられる。

太平洋における秋季の南向き流速の増大は、台風影響のほか、黒潮の流軸の変動が影響しているものと思われる。

今後は、ARGO（全世界中層フロート観測網）による観測結果などとの相互比較が必要と考えられる。

また、本検討で使用したアメダスデータは陸上で計測されたデータであり、特に風のデータについては周辺地形の影響を大きく受けることから、GPV（気象庁が領域モデルを用いて算出した格子点データ）に収録されている海上風のデータを利用し検討を進める必要がある。

謝辞：本論文を作成するにあたり、修士課程の村上和康君には図面等の作成に協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

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) 橋本典明，永井紀彦，高山知司，高橋智晴，三井正雄，磯部憲雄，鈴木敏夫：水中超音波のドップラー効果を応用した海象計の開発，海岸工学論文集，第42巻，pp. 1081-1085，1995。
- 3) 宇野木早苗，久保田雅久：海洋の波と流れの科学，356p，東海大学出版会，1996。