



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	流氷の動きの特徴および風・海流との関係
Author(s)	河村, 俊行; KAWAMURA, Toshiyuki
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 161-168
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18401
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p161-168.pdf



流水の動きの特徴および風・海流との関係^{*,**}

河村俊行
(低温科学研究所)
(昭和54年10月受理)

I. ま え が き

北海道のオホーツク海沿岸に設置されている流水観測用レーダーにより、沿岸約60 kmの範囲内の流水分布が常に観測できる。それにより今までに流水量の変化、移動の様子ばかりでなく、氷野の変形などの研究が行なわれてきた^{1),2),3),4)}。その結果、この沿岸の流水は内部でたえず変形を起こしながらも全体的に岸に沿って北西から南東方向に移動していることがわかった。

流水は主に風と海流の作用により動いている。しかしこれまで流水下の海流は測定されることがなく、流水の動きから岸に沿うゆっくりとした定常流があると推定されていたにすぎなかった²⁾。流水研究施設では1977年の冬季より流水下の海流その他の資料を得ることができた^{5),6)}。今まで比較的長期間にわたっての流水の移動の解析は行なわれていなかったが、ここでは1977年の流水の存在した全期間にわたっての流水の移動の特徴、および流水の移動と風・海流との関係について述べる。

II. 解 析 結 果

a) 流水の動きの時間変化

第1図(a)~(c)に紋別沖のレーダー像の写真を示す。白い部分が流水である。流水の移動はレーダー映像上の特徴のある点を追跡することにより求められる。このようなレーダー観測の写真は約3時間ごとに得られる。ここでは紋別沖北東距岸約4, 8, 13, 18および23マイル地点を横切る流水の3時間平均の速度を求めた。4および8マイル点は流速の測定点である。第2図(a), (b)にはそれぞれ紋別における1977年1月20日の流水到来から3月10日の退去まで、流水の存在した全期間にわたる4, 8マイル地点での流水、風および海流の速度変化を示す。いずれも沿岸に平行な成分(南東方向を正)と垂直な成分(離岸方向を正)とに分けてある。流水下の海流の流向・流速はそれぞれ紋別沖北東4および8マイルの海面下約25 mに設置されたアンダーフロー計によって得られた。測定間隔は20分である。風は第2図(a), (b)とも紋別観測候所の1時間ごとの10分間平均風向・風速から求めた。

* 北海道低温科学研究所業績 第2183号

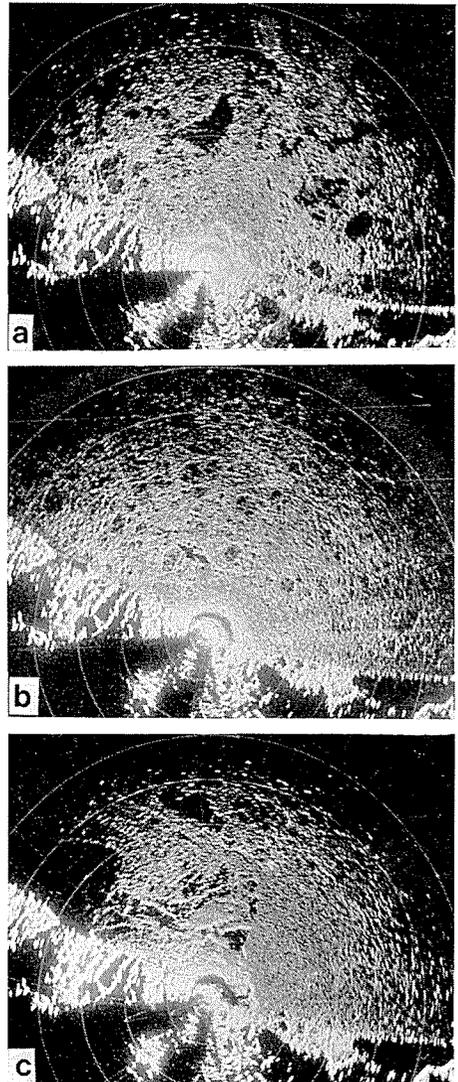
** 北海道大学低温科学研究所 流水研究施設研究報告 第83号

流水が存在した期間の主風向は北西から南西であり、2月の初めと終りに強い風が吹いている。海流は周期的な変動をしており、平行成分が垂直成分に比べて極めて大きい。恒流成分は冬季間を通じて沿岸にほぼ平行な南東流であり^{5),6)}、2月上旬から中旬は小さいが、2月20日を過ぎると特に8マイル点において急激に大きくなっていることがわかる。流水の動きも海流と同様に平行成分の方が大きく、全期間ほぼ沿岸に平行に南東方向に流れているといえる。4マイルと8マイルとにおいて、海流および流水の動きとも似ている。また13, 18, 23マイルの流水の動きも4, 8マイルと似た変動を示している。

2月6日頃から19日頃までの流水の移動速度は10 cm/sec以下でほとんど動いていない。この時、風・海流ともその前後の時期と比較してそれほど顕著に小さくなってはいない。しかし半径30マイルのレーダーの視界内は、第1図(b)でみられる様に全面流水でおおわれている。また流水量は1月末からほとんど100%で3月初めまで続き⁷⁾、流水の勢力はこの期間が最も強い。このため流水の密接度が大きく、流水どうしの相互作用により動きが鈍くなっているものと思われる。流水がほとんど動いていないこの期間をはさんで流水が存在した全期間を、(a)1月20日から2月5日までの流水到来期、(b)2月6日～19日の流水最盛期、そして(c)2月20日～3月10日の流水退去期の3つに分ける。第1図(a)～(c)はそれぞれの期間の代表的なレーダー像の写真である。写真からわかるように(a)および(c)の期間は所々に比較的大きな氷湖あるいは水路と呼ばれる流水のない部分が存在している。

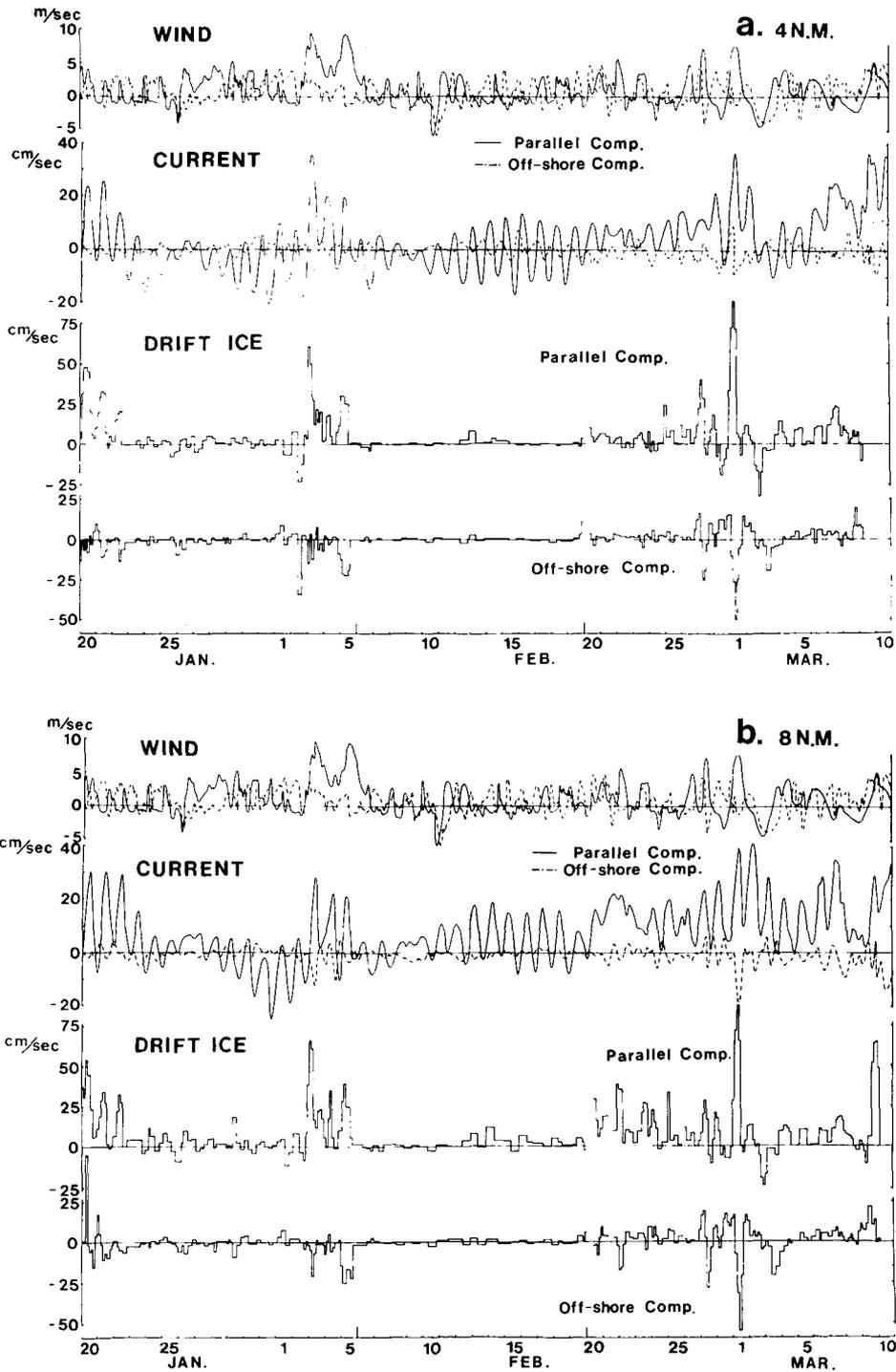
b) 流水の動きの特徴

第3図に流水の移動速度と沿岸からの距離との関係を示した。いずれの時期も平行成分の方が垂直成分より大きい。流水到来期には沿岸からの距離に従って速くなっているが、退去期の平行成分では8マイル点で最大値をもっている。



第1図 流水観測レーダーによる流水分布 (紋別沖)

- a) 1977年1月26日9時
- b) 1977年2月13日9時
- c) 1977年3月2日9時



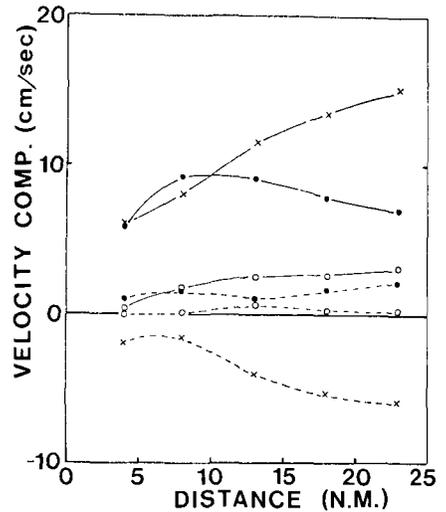
第2図 風・海流および流氷の動きの時間変化

a) 紋別沖北東距岸4マイル

b) 紋別沖北東距岸8マイル

流氷の相対的な運動をみるために、まえに述べた各点をよぎる流氷の3時間ごとの流速の相互相関係数を求めた(第1表)。全体的に良い相関を示しているが、特に退去期にはすべて0.8以上と極めて高い値となっている。

第2図から海流は周期的な運動をしていることがわかる。それが流氷にいかに関与しているかをみるために、流氷および海流の自己相関関数を第4図に示す。この図から海流の平行成分には24~25時間の卓越周期が認められる。特に最盛期にはこれが顕著である。1日周期の潮流成分が卓越していることは調和解析の結果からも知られている⁶⁾。海流の垂直成分はいずれの期間も小さく顕著な周期性はない。流氷の動きの周期性は海流ほど著るしくはないが、やはり24時間あたりに卓越周期をもつものがある。しかし期間、成分、距離による系統的な関係ははっきりしない。風には海流、流氷のような周期性はない。



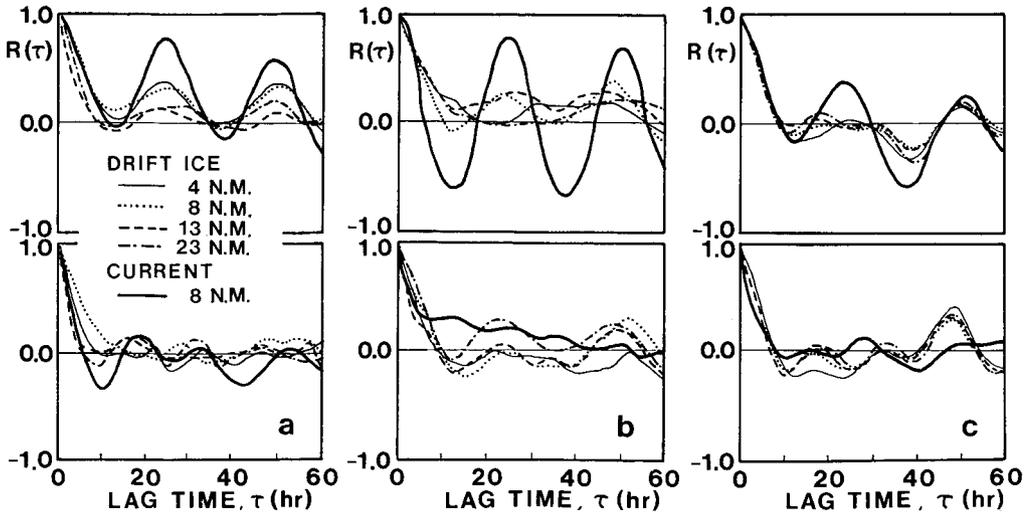
第3図 流氷の速度成分と沿岸からの距離の関係 (実線：平行成分，破線：垂直成分，×：到来期，○：最盛期，●：退去期)

第1表 流氷の動きの相互相関係数 (各枠の上段は海岸線に平行成分，下段は垂直成分で，左からそれぞれ流氷到来期，最盛期および退去期の値である。)

8 マイル	13 マイル	18 マイル	23 マイル	
0.93 0.36 0.86 0.40 0.69 0.88	0.66 0.31 0.84 0.33 0.56 0.80	0.80 0.27 0.84 0.54 0.37 0.85	0.76 0.21 0.82 0.33 0.58 0.87	4 マイル
	0.71 0.87 0.97 0.41 0.57 0.93	0.86 0.75 0.96 0.51 0.36 0.96	0.81 0.69 0.94 0.39 0.73 0.95	8 マイル
		0.75 0.90 0.97 0.54 0.38 0.94	0.70 0.75 0.95 0.41 0.71 0.93	13 マイル
			0.92 0.90 0.98 0.74 0.43 0.96	18 マイル

c) 流氷の動きと風・海流との関係

流氷は主に風と海流の作用によって動いている。流氷の動きと風・海流との相関を第2表に示す。表ではそれぞれ4および8マイル点を通過する流氷の流速と海流の流速を用いて計算した。風のデータはそれが沖合どこまでを代表しているか疑問は残るが、紋別測候所のものを用いた。流氷の動きに対する風・海流の時間的影響をみるため平均時間を変えた。短時間の運動としてレーダー観測の最小時間間隔の3時間平均と，長時間の運動として海流および流氷の動きの周期性を考慮に入れて，24時間平均値の相関を表に示した。24時間平均の方が3時間



第4図 海流と流水の自己相関関数 (上段：平行成分, 下段：垂直成分)
a) 流水到来期, b) 流水最盛期, c) 流水退去期

第2表 流水の動きと風・海流の相関係数

	平均時間 (時間)	ずれ時間 (時間)	4 マ イ ル 点						8 マ イ ル 点					
			到 来 期		最 盛 期		退 去 期		到 来 期		最 盛 期		退 去 期	
			平行成分	垂直成分	平行成分	垂直成分	平行成分	垂直成分	平行成分	垂直成分	平行成分	垂直成分	平行成分	垂直成分
流水と風	3	0	0.48	0.41	-0.06	0.07	0.58	0.45	0.48	0.31	0.05	0.13	0.65	0.50
	24	0	0.59	0.30	-0.02	0.24	0.58	0.56	0.59	0.44	0.22	0.27	0.74	0.71
	24	1	0.59	0.29	-0.02	0.22	0.58	0.56	0.59	0.43	0.20	0.26	0.73	0.72
	24	3	0.58	0.27	-0.01	0.20	0.57	0.55	0.58	0.41	0.18	0.25	0.71	0.71
流水と海流	3	0	0.73	0.06	0.17	-0.20	0.58	-0.06	0.70	0.20	0.48	0.09	0.51	0.43
	24	0	0.85	0.04	0.13	0.17	0.61	-0.05	0.71	0.26	0.67	0.34	0.29	0.13
	24	1	0.84	0.02	0.13	0.18	0.58	-0.06	0.70	0.25	0.66	0.35	0.25	0.12
	24	3	0.83	0.00	0.11	0.21	0.56	-0.06	0.69	0.24	0.65	0.35	0.22	0.11

の場合よりも相関がよくなっているものがほとんどであるが、24時間で最大値をもっている訳でなく、3時間と24時間の間、24時間以上で最大値をもつものなどがあり、統一性はない。

流水の動きがそれ以前の風または海流の作用によるものと考えられるので、流水に対して1時間および3時間前の風・海流との相関をとった。しかしそのことによる相違はほとんど認められなかった。

第2表から一般的に流水の動きと風・海流との関係は沿岸近くと沖合とを比較すると、沖合の方が相関が良くなっている。またいずれの時期も垂直成分は平行成分よりも相関が悪い。さらに期間別では流水の密度度の大きい最盛期において最も相関が悪い。これらのことから流水に対する風・海流の作用が沿岸や氷自身によって抑制されていることがわかる。

III. 考 察

前節で流氷の動きをその速度、密接度により3つの期間に分けて解析した。ここでは各期間の流氷の動きの特徴を述べる。

a) 流氷到来期 (1月20日～2月5日)

この時期の流氷の動きは、その平行成分が沿岸からの距離に従って速くなっており、また相互相関係数も大きな値をもっている。

海流の約24時間の周期性が流氷でも認められること、また他の時期よりも流氷の速度が大きいことは、まだ流氷の密接度が小さいため流氷相互の作用が小さく、動きやすいためである。しかし速度の垂直成分が沿岸に近いほど小さくなっていること、さらに相互相関も沿岸ほど悪くなっているのは、流氷が接岸した影響がすでに出はじめていることを示している。

流氷の動きと海流との相関係数は平行成分において非常に大きな値となっており、風との相関係数も比較的大きい。また流氷の速度の平行成分は垂直成分より3倍ほど大きい。これらのことから流氷到来期の流氷の動きは主に海流の作用により、それに風が加わっているといえる。一方流氷と海流との垂直成分の相関は良くない。

b) 流氷最盛期 (2月6日～2月19日)

この時期には海流の平行成分の周期運動が特に著るしいのに流氷の動きにはその影響が認められない。また流氷の動きは全体的に小さい。これは流氷の密接度が大きく、流氷どうしの衝突などの相互作用により動きが抑えられているためである。したがってこの時の流氷の動きと風・海流との相関も悪くなっている。

沿岸域の流氷の動きに注目すると、この時期流氷の動きはどこでも小さいが特に4マイル点の流氷はほとんど動いていない。流氷の動きの平行成分の相互関係は8マイル以遠の沖合では良いのに沿岸域の4マイル点では例外的に悪い。しかし垂直成分の相互相関は逆に沿岸において良い。このように沿岸域の流氷の動きは他と比べて特異である。これは流氷が接岸している影響が沿岸の4マイル点付近まで達していることを示している。このように最盛期の流氷の動きに海岸や流氷自身の影響が大きく出ている。

c) 流氷退去期 (2月20日～3月10日)

この時期の流氷の相互相関係数は全て0.8以上である。それゆえ流氷はほぼ全面的に均一な運動をしている。流氷の速度の平行成分は岸から離れるに従い急激に大きくなり、8マイル点で最大となりそれ以遠では速度は徐々に小さくなっている。これは、この時期に宗谷暖流が回復し、その流れの中心が8マイル付近にあるためであろう^{5),6)}。

この時期には流氷と風との相関は海流とよりも良い。この頃になると離岸成分をもついわゆる沖出しの風が吹きはじめる。流氷が視界からなくなるのは主に風の作用による。流氷の速度の垂直成分は距離によらずほとんど一定であるので、流氷は全面一様な動きをして海明けとなる。

IV. ま と め

1977年の流氷到来から退去までの長時間にわたる流氷の動きを解析し、以下のことが明らかになった。

(1) 流氷の動きは沿岸に平行な成分が垂直成分よりも大きく、冬季間を通して沿岸に平行に南東方向に流れている。

(2) 流氷の到来期には海岸からの距離とともに流氷の移動速度は大きくなる。

(3) 流氷の密接度の大きい最盛期には流氷はほとんど動かなく、流氷の動きに対する海岸、流氷自身の影響が大きい。

(4) 流氷退去期にはほぼ均一な動きをしている。

(5) 流氷の動きにも海流と同じように24時間の周期をもつ場合がある。

(6) 流氷到来期には速度の平行成分において流氷と海流の相関が極めて良い。最盛期には流氷の動きと風・海流とも相関が悪い。退去期には流氷と風との相関の方が海流よりもよい。

以上1977年の冬季の流氷の動きの特徴を述べたが、他の年の流氷についても上のことを確かめる必要があろう。

おわりにのぞみ多大な御指導をいただいた青田昌秋助教授に、また多くの御助言をいただいた田畑忠司教授をはじめ海洋部門の皆様にも深く感謝いたします。風の資料は紋別測候所から、流氷の速度の資料の大半は田畑忠司教授から提供していただきました。心からお礼申し上げます。

この研究は文部省科学研究費自然災害特別研究「沿岸海域における流氷の運動予測の研究」によった。

文 献

- 1) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行・石川正雄 1969 レーダーによる流氷の動きの観測. 低温科学, 物理篇, **27**, 295-315.
- 2) 田畑忠司・大井正行・石川正雄・福士博樹 1970 レーダーによる流氷の動きの観測 II. 低温科学, 物理篇, **28**, 301-310.
- 3) 田畑忠司 1971 北海道沿岸の流氷野の歪の測定. 低温科学, 物理篇, **29**, 199-211.
- 4) 河村俊行 1977 流氷野の発散と回転について II. 低温科学, 物理篇, **35**, 259-266.
- 5) 青田昌秋・河村俊行 1978 北海道オホーツク海沿岸の冬季の海況について. 低温科学, 物理篇, **37**, 93-105.
- 6) 青田昌秋・河村俊行 1979 北海道オホーツク海沿岸の冬季の海況について II. 低温科学, 物理篇, **38**, 135-142.
- 7) 田畑忠司・石川正雄・大井正行・福士博樹・青田昌秋・河村俊行 1977 レーダー観測による北海道オホーツク海岸沖の流氷分布. 低温科学, 物理篇, **35**, 資料集, 45-70.

Summary

Distribution and movement of an ice field off the Okhotsk sea coast of Hokkaido were observed, using a sea ice radar network. Pack ice is moved mainly by the wind and ocean current. But the ocean current under ice floes in winter has not been measured. Ocean

currents 4 and 8 nautical miles off Mombetsu were measured in winter of 1977. Characteristic features on radar images serve as targets for tracing ice fields in the measurement of drift speed. The present paper discusses characteristics of pack ice movement and effects of wind and ocean current on ice drift in 1977.

Figures 2 (a) and (b) show variations in speeds of the ice drift and ocean current at the points 4 and 8 nautical miles off Mombetsu, respectively, along with the wind speed observed at Mombetsu. It is found that the ocean current changes cyclically, that the residual current runs southeastward along the coastline, and that the current speed increases soon after Feb. 20. It is shown that pack ice also moves southeastward throughout the sea ice season and that ice moves very little for the duration from Feb. 6 to 19, during which the concentration of pack ice was highest. It is reasonable to divide the sea ice season into three periods, i. e. increasing period (Jan. 20 to Feb. 5), stable period (Feb. 6-19), and decreasing period (Feb. 20 to Mar. 10). Figures 1 (a)-(c) show the typical radar images in each period.

Characteristics of ice movement in each period are as follows :

(a) Increasing period : It is shown that the parallel component of drift speed increases with increasing distance from the shore and cross-correlation coefficients of ice drift are fairly high ; because the ice field has the loose concentration in this period, it is so easy to move that the highest drift speed is observed ; the correlation between speeds of the ice drift and ocean current is so good that it seemed the ice movement is influenced mainly by the ocean current and secondly by the wind.

(b) Stable period : Movement of the ice field is so little that the ice field becomes dense and ice is restrained by collision of ice masses ; ice floes 4 nautical miles off the shore show almost no movement, while it is seen that fast shore ice extends as far as 4 nautical miles.

(c) Decreasing period : All of the cross-correlation coefficients of ice drift are above 0.8 ; the parallel component of ice drift has the maximum value 8 nautical miles off the shore and gradually decreases with increasing distance ; the fact shows that the Soya warm current recovers itself in this period ; correlation coefficients are greater between speeds of the ice drift and wind than between speeds of the ice drift and ocean current ; so the pack ice leaves from the shore mainly by the off-shore wind, which is predominant in this period.