



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	流水野の発散と回転について II
Author(s)	河村, 俊行; KAWAMURA, Toshiyuki
Citation	低温科学. 物理篇, 35, 259-266
Issue Date	1978-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18341">https://hdl.handle.net/2115/18341</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	35_p259-266.pdf



## 流氷野の発散と回転について II<sup>\*,\*\*</sup>

河村 俊行

(低温科学研究所)

(昭和52年10月受理)

### I. はじめに

北海道のオホーツク海沿岸に設置されているレーダーにより、その沿岸沖約30マイルの範囲の流氷状況が常に観測できる。それにより、流氷量の変化、平均的な移動の様子<sup>1,2)</sup>ばかりでなく、氷野の内部変形<sup>2)</sup>、歪の測定<sup>3)</sup>の研究が行なわれてきた。その結果、この沿岸の流氷は全体的には岸に沿って北西から南東方向へ移動しているが、よく見ると、単純に移動しているのではなく、内部にたえず変形を起こしながら、各部分ごとに異なる動きをしていることがわかった。

前報<sup>4)</sup>において、氷野の変形の表現として流氷の発散・回転を求め、それらの値は時間的にも空間的にも変動が激しいが、大体20kmの範囲でまとまった値を持っていることがわかった。

流氷はおもに風と海流の作用により動くといわれている。しかし、今まで流氷下の海流については測定されたことはなく、風のないときの流氷の動きから岸に沿ってゆっくりとした定常的な流れがあることが推定されていた。そのことはまた日本海とオホーツク沿岸の網走の水位差からも求められている<sup>5)</sup>。今冬、流氷下に流速計を設置し、冬季間の流氷下の海流のデータを初めて得ることができた。今回は流氷の動き、発散・回転と風、海流との関係について報告する。

### II. 流氷野の動きと発散・回転

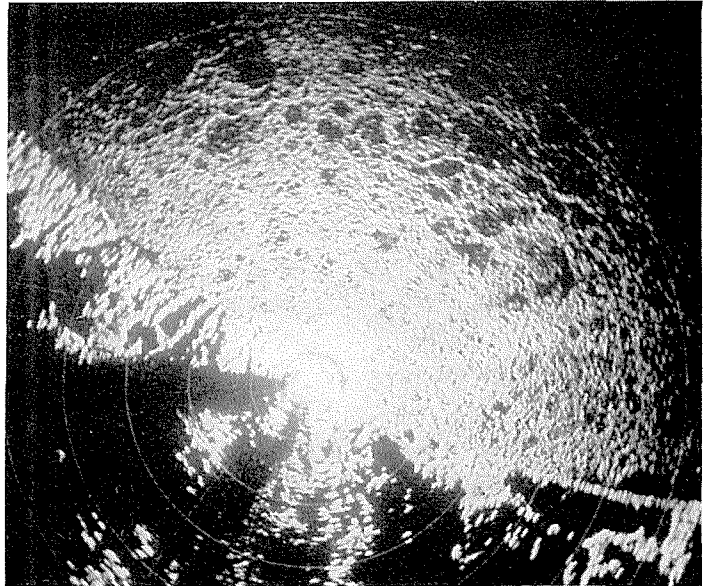
#### a) 海流の強いときの例

第1図は1977年2月4日9時の紋別沖のレーダー写真である。白く光った部分が流氷である。この期間、半径30マイルの円内はほぼ一面に流氷でおおわれていることがわかる。2月3日9時から5日9時までの2昼夜にわたって、大体3時間毎に得られたレーダー写真から、特徴のある点を追跡すれば流氷の移動を知ることができる。それらの主な点の移動径路図を第2図に示した。流氷は全体として岸に沿って南東方向に動いている。その動きは、紋別より南東の沿岸近くでは鈍く、岸から離れるに従い動きは活発になっており、最も速いものは、2昼夜平均して、約0.5ノットで動いている。

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1851号

\*\* 北海道大学低温科学研究所 流氷研究施設研究報告 第59号

動きがほぼ均一であると思われる部分を A~E の区域に分けた (区域の分け方は第 3 図の上部の図を参照)。各区域の平均移動速度を、沿岸に平行な成分 (南東方向を正) と垂直な成分 (接岸を正) とに分け、その時間変化をとったのが第 3 図 (a) である。変動の様子は各区域とも似ていて、両成分とも周期的な変動をしているのが注目される。その振幅は平行成分が垂直成分より大きく、その位相は 4 日の夕刻まで垂直成分が平行成分より 3 時間ほど遅れている。

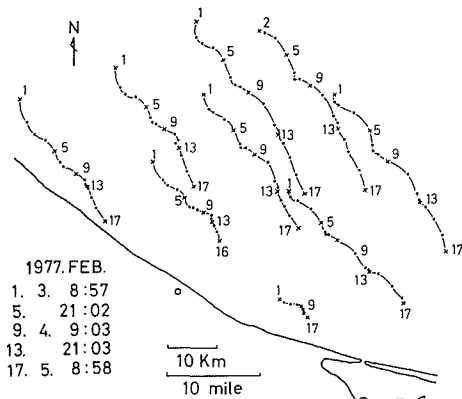


第 1 図 流水観測レーダーによる流水分布  
(1977年2月4日9時, 紋別沖)

流水を動かすおもな力である風と海流を、上と同じ成分に分け、その時間変化を第 3 図 (b) に示した。ここで風は紋別より沿岸に南東約 18 km 離れた紋別飛行場のものである。流水下の海流は、1976 年 12 月 25 日より 1977 年 3 月 21 日まで、紋別沖北東約 5 マイルと 8 マイル地点にアンデラー流向・流速計を設置し、流水下の流向・流速および温度、塩分のデータを得ることができた。図に書いた海流は紋別沖北東約 5 マイルの海面下約 25 m においてのものである。風、海流ともそれらの値がはたして沿岸 30 マイルまでを代表しているかはわからないが、5 マイルと 8 マイル地点で得られた海流の流向・流速がほぼ等しかったので、ここではそれを代表値として取り扱っても大きなあやまりではないであろう。風向はほとんど変化なく沿岸に平行で、

風速ははじめ 10 m/sec 以上で、一時 5 m/sec 前後に弱まりその後再び約 10 m/sec ほどに達している。この期間は冬季間を通してかなり風の強い時期であった。一方、海流は半日周潮流に比べ日周潮流が著しく卓越しており、恒流の流向は海岸線にほぼ平行で流速は 10 m/sec 程度である。

この期間を通しての流水の大まかな動きは、風および海流とほぼ一致しているが、よく見ると、流水の移動速度が約 18 時間ほどの周期で変動しているが、風、海流にはこのような変化はみられない。この周期性は、流水がある程度移動すると、氷の密度が増加するため動きにくくなるが、一



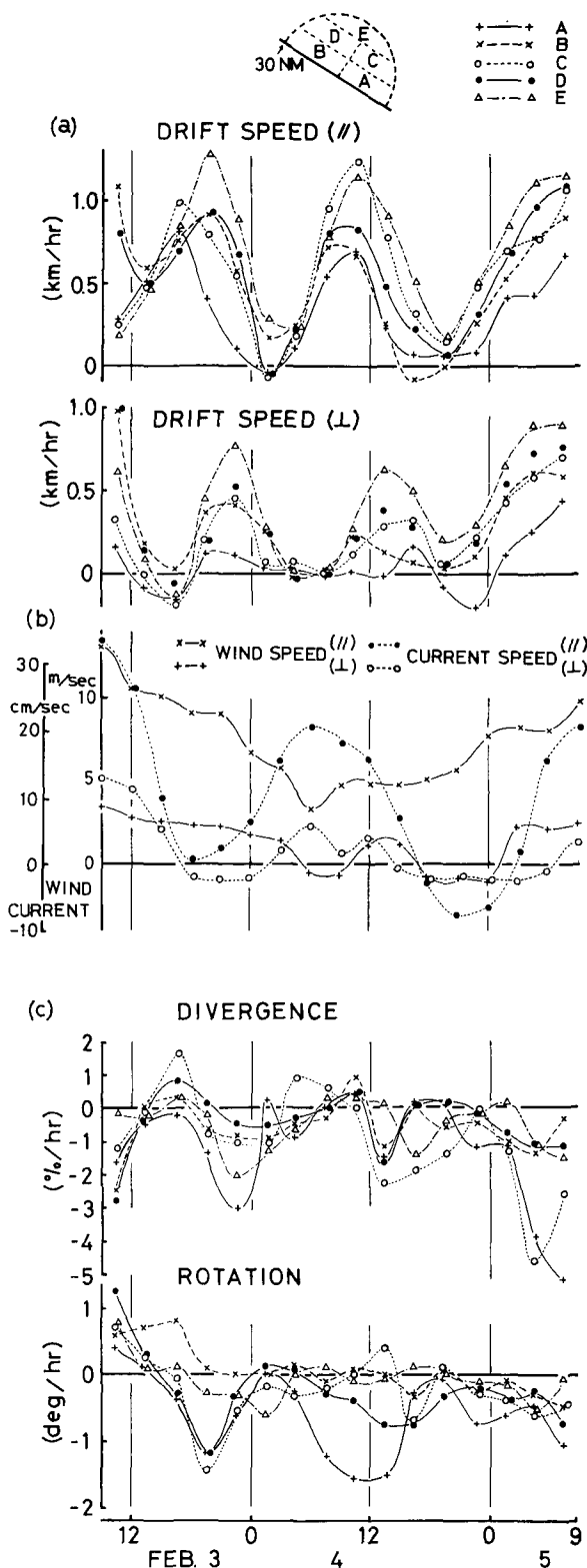
第 2 図 氷野の各点の移動経路図  
(1977年2月3日9時~5日9時)

方、それと同時に氷野の凹凸は大きくなって、風、海流の作用を受けやすくなり、再び動くことにより起っているのかもしれないが、詳しいことはわからない。

そこで氷野の平均的な動きだけでなく氷野の変形の量の時間的、空間的变化を算出することを試みた。各点の各時刻における位置がわかり、各時刻間の平均速度も求められる。これから任意の四点で形成される四角形の発散・回転は前報に示したようにして求められる<sup>4,5)</sup>。

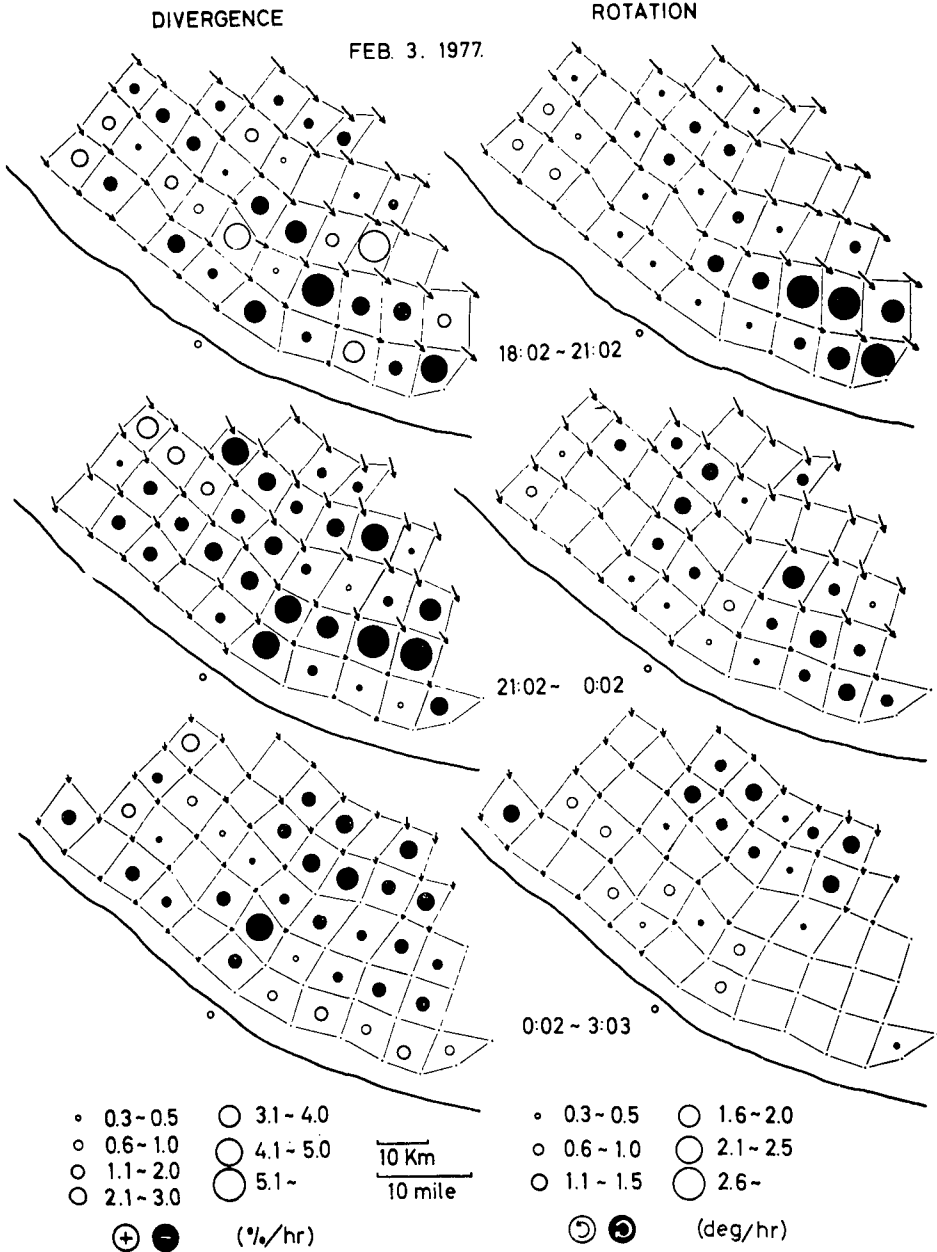
四角形の発散・回転の各区域における平均値の時間変化を第3図(c)に示す。ただし、ここでは発散は1時間当りの面積変化率を%で表わした。正は面積の増加を示す。また回転は1時間当りの回転角度で表わした。正は反時計回りの回転である。それらの値は各区域とも時間的に激しく変動していることがわかる。また各区域ごとにまちまちの変動の仕方をしている。全体としては、発散・回転とも負で、流氷は時計回りの回転をしながら密接化している時期であった。これらの変化と流氷の移動速度との関係はあまり明白ではない。ただ速度の平行成分が大きくなると回転は大きな負の値をもつようになり、小さくなると回転も小さくなる。また垂直成分が大きくなると発散は負に大きくなり、その成分が小さくなると発散(負)も小さくなり、時には正の値をもつようになる傾向がみ

第3図 (a) 氷野の移動速度 (b) 風, 海流, (c) 氷野の発散・回転の時間変化 (1977年2月3~5日)



られる。このことは、負の発散は流水が沿岸に押しつけられることによって起こり、時計回りの回転は沿岸より沖合の方が流れが速いことによって起こると思われる。

第3図(c)から発散・回転の値が時間的に変動していることがわかった。そこでそれらの値の空間的な変動をみるために、個々の四角形の発散・回転の空間分布を求めた。その例として、2月3日18時から4日3時までの3時間毎の3つの時間帯のものを第4図に示した。図には各点の移動も矢印で示したが0.2ノット以下のものは省略した。個々の四角形の発散・回転



第4図 水野の発散・回転の空間分布 (1977年2月3日18時~4日3時)

は時間的に変動しているものが多い。また同じ時間でもおのおのの四角形によってそれらの値は非常に異なっている。すなわち氷野内の動きは時間的にも空間的にも複雑であることを示している。しかしながらここで選んだ各四角形の個々の発散・回転の値が全氷野にわたって、まったく無秩序であるというのではなく、ある範囲内でそれらの値が同一の傾向を示す領域に分けられるように思われる。

### b) 海流の弱いときの例

以上の例は流氷存在期を通じて風、海流ともに非常に強い時期のものであるが、以下、風は比較的強く、海流は弱い場合の

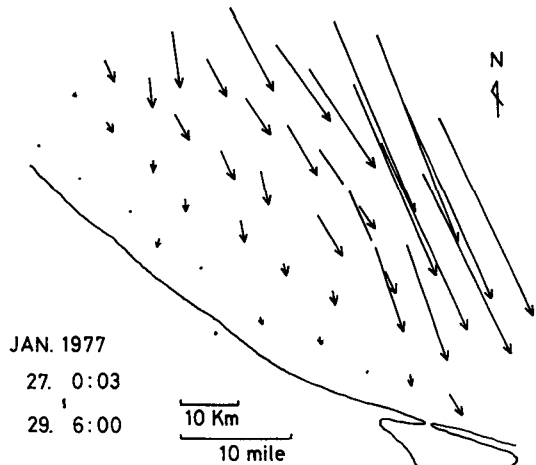
例について述べる。期間は1977年1月27日0時から29日6時までである。その時の流水野の点の移動経路図が第5図である。これは最初と最後の点をつないだものであるが、各時刻間の流れの方向は大体これと一致している。岸に近い所ではほとんど動いていないが、岸から離れるに従い、速くなっている。紋別より北西から南東に向かうに従い、沿岸から沖合への速度の変化は大きくなっていて、北東方向の部分が最も速く平均0.4ノットで動いている。

前と同様に流水の動きがほぼ同じであると考えられる区域に分けて、その区域ごとの流水の速度成分、発散・回転と風、海流の成分を第6図に示す。この期間、全般にわたって風向は大体沿岸に平行で、風速は3 m/sec 前後である。一方、海流は1日周潮流が卓越しており、約5 cm/sec のごく弱い恒流が沿岸に平行に風と逆方向にあった。流水の動きは風の方向と大体一致して、海流には逆らっている。

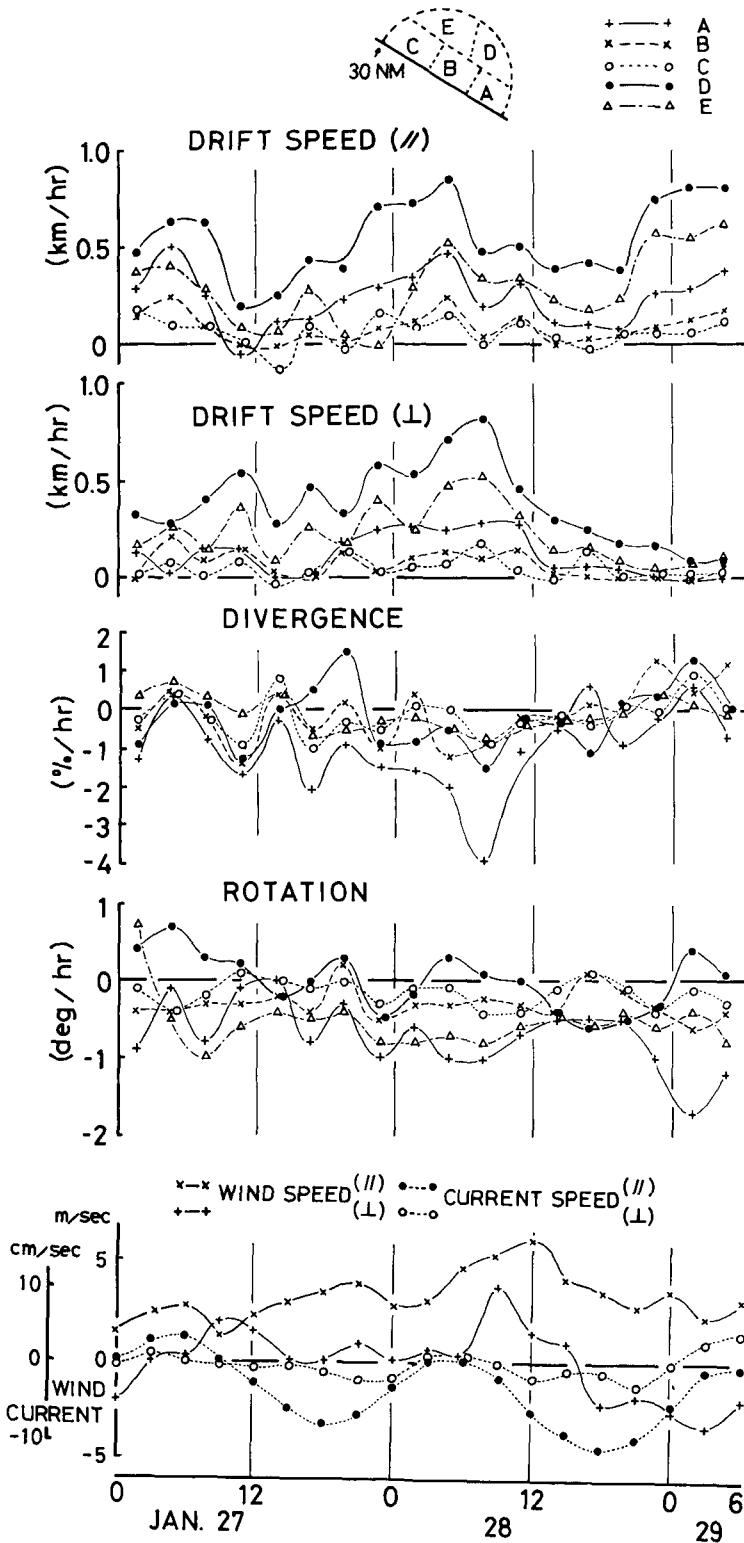
流水の動きの時間変動は、前の例のような周期性はなく、しかも風、海流とはかなり異なった変化をしている。その垂直成分は風、海流とも非常に弱いにもかかわらず、特に沖合にあるD、E両区域の流速はかなり大きな値をもっている。

発散・回転の値はともに負の値をもつものが多く、前例で述べた速度の平行成分と回転、垂直成分と発散との関係はこの例でもみられるようである。

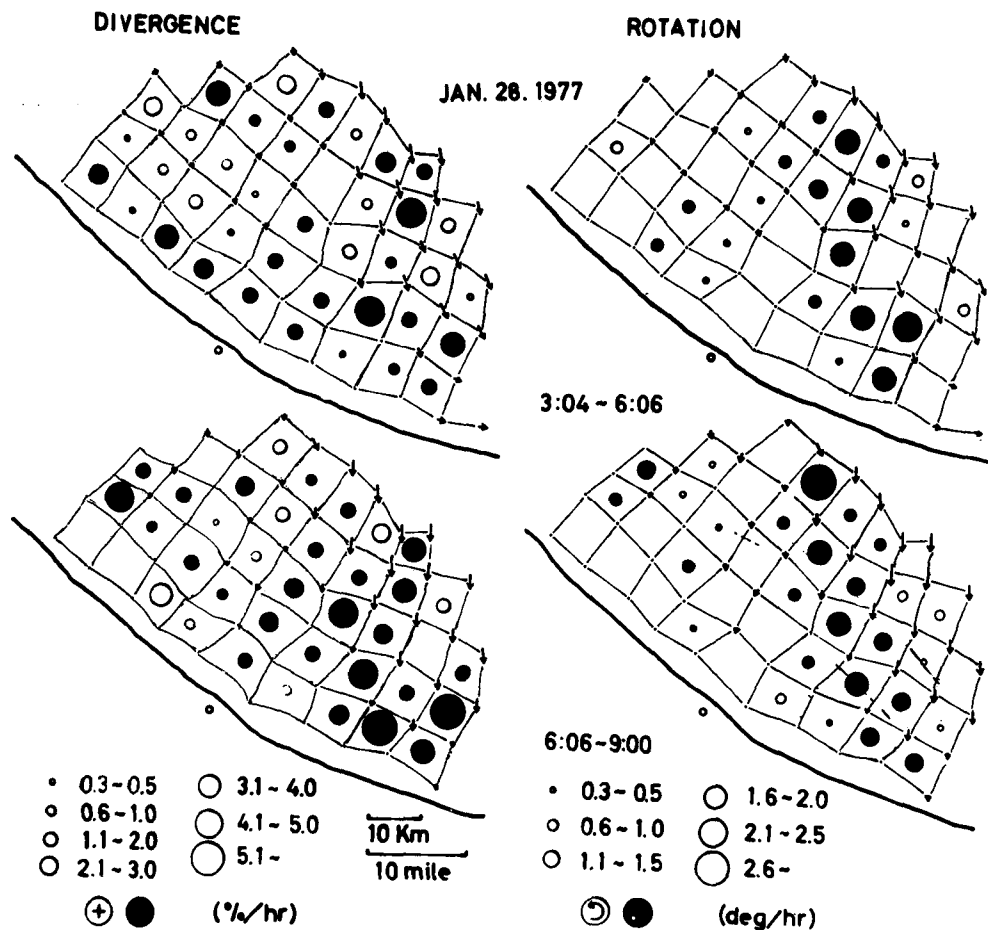
発散・回転の空間分布の例として、1月27日3時から6時、6時から9時の2つの時間帯のものを第7図に示す。この図で特徴的なことは北西から南東に、負の回転をする部分が帯状に走っていることである。これは、この部分で岸からの距離に対する速度の増加の割合が大きいためである。第5図でもこの部分から沖合は流れが速くなっている様子が分る。たとえレーダーで見ると流氷が均一であると思われても、一度氷が割れて水路が開き、再び凍った場合など、その部分の氷はあまり成長しておらず、密接度も小さく、したがって流れやすくなっている。この場合もそのようなことが起こったものと考えられる。



第5図 氷野の各点の移動経路図  
(1977年1月27日0時~29日6時)



第6図 水野の移動速度，発散・回転，風，海流の時間変化 (1977年1月27~29日)



第7図 氷野の発散・回転の空間分布 (1977年1月28日3時~9時)

### III. おわりに

以上述べたようにオホーツク海北海道沿岸の流水の運動は、時間的に巨視的にみると風、海流の動きと大体一致しているが、時間的に微視的にみると非常に複雑である。個々の四角形の発散・回転も時間的に常に変動している。さらに同じ時間であってもおのおのの値は非常に異なっている。すなわち流水野の発散・回転は時間的、空間的に複雑に変動している。しかし個々の四角形は全く独立にそれらの値をもっているのではなく、ある範囲内で同様の値をもつ領域が存在するようである。このことはレーダーで見るかぎり一面の流水野であっても、氷の形状および密接度は必ずしも一様ではないが、ある広さの範囲ではほぼ一様とみなすことができるような特性があることを示しているものと思われる。

前に述べたように、流水の運動は氷に対する風、海流の作用で決まるが、いまのところ風、海流の氷に及ぼす応力が氷の形状によりどのように変化するかわかっていない。またいまのところどのような形状をした流水が分布しているのかを流水のレーダー情報から知ることはできない。今後それらを調べて発散・回転との関係を研究する必要がある。

おわりにのぞみ, レーダー写真の撮影ならびにデータ整理に御協力いただいた流氷研究施設の技官諸氏, 結果の解析に際して有益な御討議をいただいた田畑忠司教授, 青田昌秋助教授に深く感謝いたします。また風の資料を快よく提供された紋別測候所および同測候所紋別空港出張所に対し心からお礼を申し上げます。

なおこの研究に要した費用の一部は文部省科学研究費, 災害科学特別研究, 計画課題“沿岸海域における流氷の挙動の研究”から支出された。

## 文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 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・青田昌秋・田畑忠司 1975 流氷野の発散と回転について. 低温科学, 物理篇, **33**, 179-190.
- 5) 青田昌秋 1975 宗谷暖流の研究. 低温科学, 物理篇, **33** 151-172.
- 6) Болков Н. А., Э. М. Гудкович и В. Л. Углев 1971 Результаты изучения неравномерности дрейфа льда в арктическом бассейне. *Тр. Аркт. и антаркт. ин-та*, **303**, Л., Гидрометеонедат, 76-89.

## Summary

To observe the distribution and movement of an ice field off the Okhotsk Sea coast of Hokkaido, a Sea Ice Radar network that consisted of three radars has been used. Radar pictures are taken every several hours. Figure 1 shows an example of its radar images. Characteristic features such as black areas or spots can be used as targets in tracing an ice field for the measurement of drift. Figures 2 and 5 describe the tracks of movement of some of such targets. The positions and velocities of every point were obtained every three hour from the figures. Divergence and rotation, which stand for deformation of the ice field, of a quadrilateral consisting of arbitrary four points can be calculated from their positions and velocities. Figures 3 and 6 show the changes of average divergence and rotation of five regions where the ice field drifts nearly uniformly together with the changes of their average drift speed and current speed all of which are divided into parallel and normal components to the coast line. It is seen from the figures that the components of drift speed changes with time remarkably, and that they correspond to the component of wind and/or current speed fairly in the macroscopically. It is noted that the larger is the parallel component of drift velocity, the larger negative rotation the ice field undergoes and that the larger is the vertical component, the larger is the negative divergence. Figures 4 and 7 show the distributions of divergence and rotation. It is seen from the figures that, although divergence and rotation change remarkably not only with time but also with space, there are some special domains where several quadrilaterals show similar tendency in deformation. It seems that the region where the topography and roughness of ice is similar to each other may constitute such a domain.