



Title	レーダー情報の数値解析による流氷の流動
Author(s)	石田, 完; ISHIDA, Tamotsu
Citation	低温科学. 物理篇, 33, 173-177
Issue Date	1976-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18283
Type	departmental bulletin paper
File Information	33_p173-177.pdf



レーダ情報の数値解析による流氷の流動^{*,**}

石 田 完
(低温科学研究所)
(昭和50年10月受理)

I. ま え が き

流氷観測用レーダの情報処理装置によって得られた数値データをもとにして、面相関法による数値計算によって流氷野内各点の流動速度を求める方法を昨年試みた¹⁾。本年1975年3月21日、網走における9時から24時まで3時間毎の数値データが得られたので、これから連続した5時点の流動速度を計算し、さらに各点の発散率と渦度の時間変化を求めた。

II. 流 動 速 度

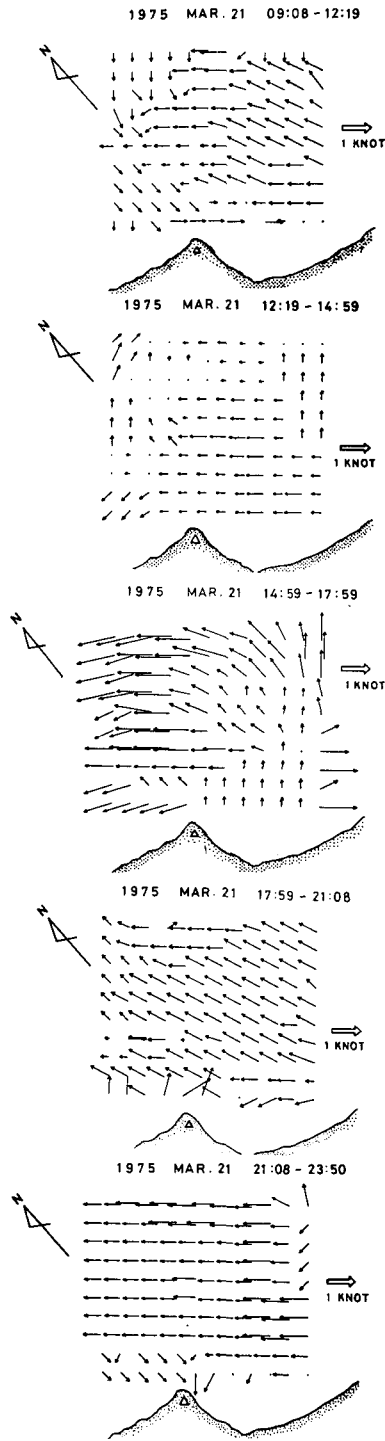
計算を行なった海面は26.7×39 哩、データの格子間隔は約1 哩で33×40 点、面相互相関係数を計算するときの単位面は11.7×17 哩、格子点数は15×18 で、2 時点の単位面は相互に(±3, ±4) 格子点、すなわち5×8 哩の範囲内でずらして最大相関値位置を求めた。1 時点内で単位面は2 格子点ずつずらしたので、流動速度は2 哩格子間隔で求められた。その結果を第1 図に示す。どの時点においても岸近くを除いてはほぼNW 方向に1 ノット前後の流動が見られる。これは次の第2 図の軌跡からも明らかである。この日、岸近くは開水面であった。流氷のない所で流動がでるのは一見奇異であるが、計算に用いた単位面が11.7×17 哩と大きいので、岸近くではその内に氷縁と陸の不動点が必ず含まれ、その影響が開水面における流動の乱れとなって現われた。

各時点での平均流速が0.3, 0.2, 0.6, 0.6, 0.6 ノットであるのに対し、網走地方気象台での9時から24時までの3時間毎の平均風速は4.3, 6.2, 6.6, 2.6, 8.0, 7.9 m/s であって、氷の流速と風速との間には強い相関は見られなかった。ただし、流速が第2 時点、12時から15時の間で0.2 ノットと最小であったのは、風向が6時から12時までSSE であったのが15時から24時までESE になったこと、すなわち12時から15時の間で風向が急に45度変わったことと対応しているように見える。

第1 図の各点の流動速度を用いて各点の移動経路を求めることができる。代表的な数経路を示したのが第2 図である。この図は河村らが行なった方法²⁾により、すなわちレーダ映像写真をもとにして、流氷野内の特徴ある点を追跡して求めた代表点の移動軌跡を網走の同じ時間のレーダ写真について求めたところ、ほとんど一致することが確かめられた。第2 図には、

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1699号

** 北海道大学低温科学研究所流氷研究施設報告 第41号

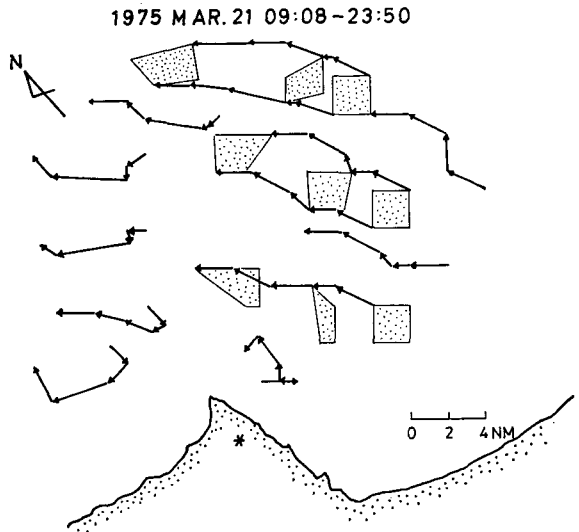


第1図 流動速度の時間変化

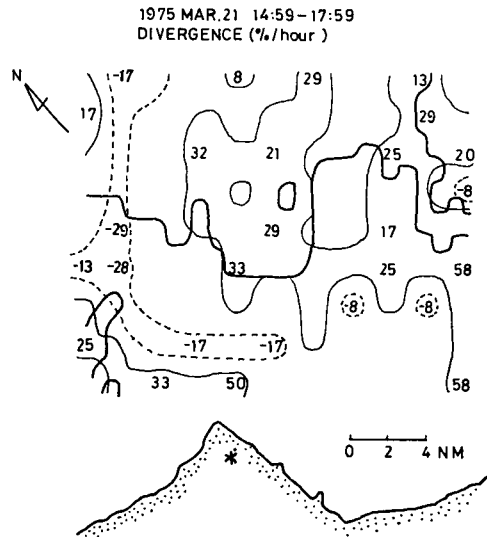
9時に正方形(約2哩四方)であった氷域が流動して15時, 24時にどのように変わってゆかかを3例示してある。沖合では反時計廻りの廻転が大きく, 岸近くの氷縁部では変形が著しい。そこで各格子点で発散率と渦度を計算してみた。

III. 発散と廻転

隣接4格子点に左上から時計廻りで1, 2, 3, 4の番号を付すことにする。横方向(海岸線沿い)をx軸, 縦



第2図 9時から24時までの移動経路



第3図 発散率

方向 (沖合方向) を y 軸にとり, 各点の流動速度の x, y 成分を u, v , 格子点間隔を $\Delta x, \Delta y$ としたとき, 発散率 D , 渦度 R は

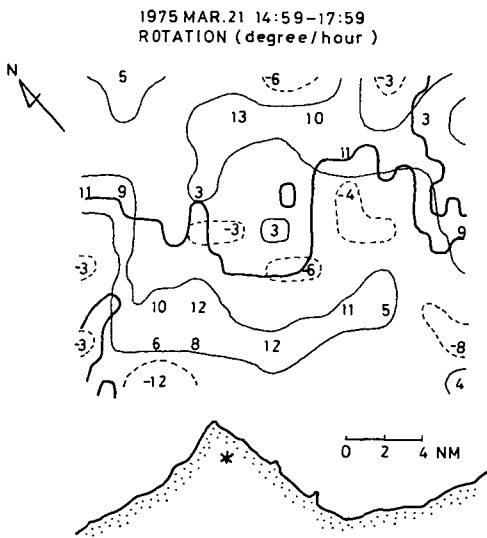
$$D = \left(\frac{u_2 + u_3}{2} - \frac{u_1 + u_4}{2} \right) / \Delta x + \left(\frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{v_3 + v_4}{2} \right) / \Delta y \quad (1)$$

$$R = \left(\frac{v_2 + v_3}{2} - \frac{v_1 + v_4}{2} \right) / \Delta x - \left(\frac{u_1 + u_2}{2} - \frac{u_3 + u_4}{2} \right) / \Delta y \quad (2)$$

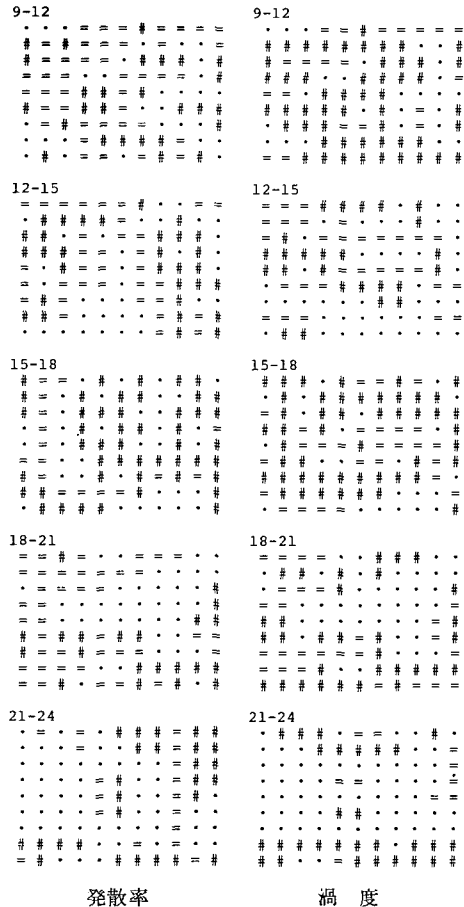
を以って4格子点中央の値とした。

第3図, 第4図に流動の最もはげしかった15時から18時における発散と廻転を示した。両図で太い実線は18時の氷縁を示している。発散の第3図にある数値は主な点の1時間あたりの面積変化率を%で表わしてある。正号は拡大, 負号は縮小を表わす。細かい実線と点線は+8%, -8%の等高線である。ほぼ開水面では縮小, 氷野内では拡大となっている。廻転の第4図では主な点の1時間あたり廻転角度を度で示した。正号は反時計廻り, 負号は時計廻りである。細かい実線と点線は1時間に3度の廻転を示す等高線である。ほぼ開水面と氷野内では反時計廻り, 氷縁部では時計廻りの廻転となっている。

このような図が各時点で得られたが, 時間的にも位置的にも変動が大きく, この日の例だけでは各点の発散率, あるいは渦度の値が作るパターンの意味を明らかにし得なかった。ただし計算海域内の渦度を合計すると周囲66.7 浬における循環が求められるが, これを浬・度/時間の単位で表わすと, 平均流速が0.2 ノットと最も小さかった第2時点でのみ約-80と負,



第4図 廻 転



発散率 渦度

第5図 発散率と渦度の時間変化

#: 正值, .: 0, =: 負値

平均流速が0.3ノット以上の他時点では300前後とすべて大きな正值であった。これは、この日の風速が4~8 m/sとかなり強く、流動方向は大体風の方であったが、それが平均の海流方向とほぼ逆向きであったことと関係あるように思える。

次に発散率と渦度との関連を調べる目的で、各時点における発散率と渦度を正か負か零かだけに注目して描いたのが第5図である。正值を \oplus 、負値を \ominus 、零を点で表わしてある。両図を比較して最も顕著なことは、同時点で発散率が零の位置は渦度も零ということである。5時点での総格子点数495の内、発散率0、渦度0が一致する格子点は146個で総数の29%である。零の隣接格子点では、だいたい発散率も渦度も小さな値なので、0と+か-が一致する点(合計93個)も含めると全体の48%となる。もし併進運動のみをしているならば発散率、渦度ともに零となることから、この日の計算氷野内では約半分の範囲は平行移動していたことになる。次に対応点の多いのは発散率の±に対して渦度の±に対応する点で132個、27%であり、+と+、-と-に対応する点はそれぞれ16%、9%である。そこで発散率の正負と渦度の正負がどのように対応しているか調べてみると上表のようになる。

渦 度	+		-		
発 散 率	+	-	+	-	合 計
個 数	78	80	52	46	256
%	30	31	20	18	

この結果からでは、反時計廻りの廻転の所では縮小域、時計廻りの所では拡大の傾向があるというようなことはいえない。むしろすべての組合せが等しく起っているようである。

IV. ま と め

今までに網走沖における流氷の動きに関しては田畑ら³⁾の解折があるが、ここでは流氷レーダ情報処理の数値データを用いて氷野各点の流動速度を求め、これから発散率、渦度を計算した。この日の網走沖における流氷野は時間的にも位置的にも多様な変化をしたが、27×39 裡内の約半分の範囲内ではほぼ併進運動をしており、他の半分の範囲内では部分的には毎時最大30%程度の面積の拡大、縮小、毎時最大10数度の左右の廻転が起っていることが判った。

終りに、この計算は北海道大学大型計算機センターのFACOM 230-75で行なったことを附記する。

文 献

- 1) 石田 完 1974 面相関法による疎群氷の流動ベクトルの計算. 低温科学, 物理篇, **32**, 221-227.
- 2) 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.
- 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.

Summary

Flow-vectors of pack-ice were given by numerical calculations of digital data at grid points at equally spaced intervals of about one nautical mile by the data processing of sea-ice radar. The calculation followed the method of 2-dimensional cross-covariance (Ishida 1974).

Flow-patterns at intervals of three hours at Abashiri on 21st March, 1975 were shown in Fig. 1. From these flow-patterns, trajectories of grid points can be drawn as shown in Fig. 2. It is also shown in this figure how the squares in the initial state change with time; a rotational factor is predominant in the offing and a deformation is remarkable inshore.

The vorticity and the divergence were calculated at each point from four adjacent flow-vectors. Figures 3 and 4 show respectively the divergence and the vorticity during the time 14:59-17:59, when the flow was the strongest on the day. Positive values in Fig. 3 show expansion and negative values contraction. A unit is percentage of the change of a unit area per hour. Positive and negative values in Fig. 4 show respectively anticlockwise and clockwise rotation in degree per hour. In these figure thick solid lines show the ice-edge at 17:59. It was found in a strong flow that the areas of open water contracted and the ice field expanded, while a rotative direction was anticlockwise in the open water and the ice field, but was clockwise around the ice-edge.