



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	面相関法による疎群氷の流動ベクトルの計算
Author(s)	石田, 完; ISHIDA, Tamotsu
Citation	低温科学. 物理篇, 32, 221-227
Issue Date	1974-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18259
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_p221-227.pdf



面相関法による疎群氷の流動ベクトルの計算^{*,**}

石 田 完

(低温科学研究所)

(昭和 49 年 10 月受理)

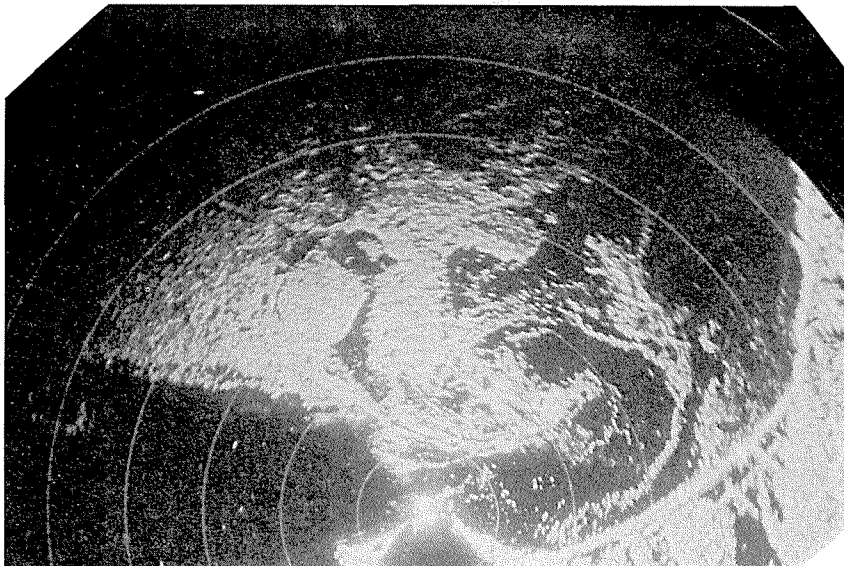
I. ま え が き

流氷野内各点の流動ベクトルは、従来、流氷観測用レーダの時間列映像写真により、小さな氷湖とか、特異な形状点を追跡して求めていた。その流動ベクトルによって風向・風速・海流との関係、氷野の変形など興味ある成果が得られている¹⁻³⁾。

しかし流動ベクトルを求めるこの方法は、特異点を長時間追跡できるような条件のよい氷野に限られ、また特異点を追跡する際、主観がはいることも否めない。流氷状態はレーダ映像写真としてのみでなく、現在、レーダ情報処理装置によって数値データとしても得られているので、この数値データを基に数値計算によって流動ベクトルを求めることを試みた。

II. 線相関の方法

第 1 図は 1974 年 3 月 5 日 16 時 11 分、網走、範囲 30 哩のレーダ映像写真である。第 2 図



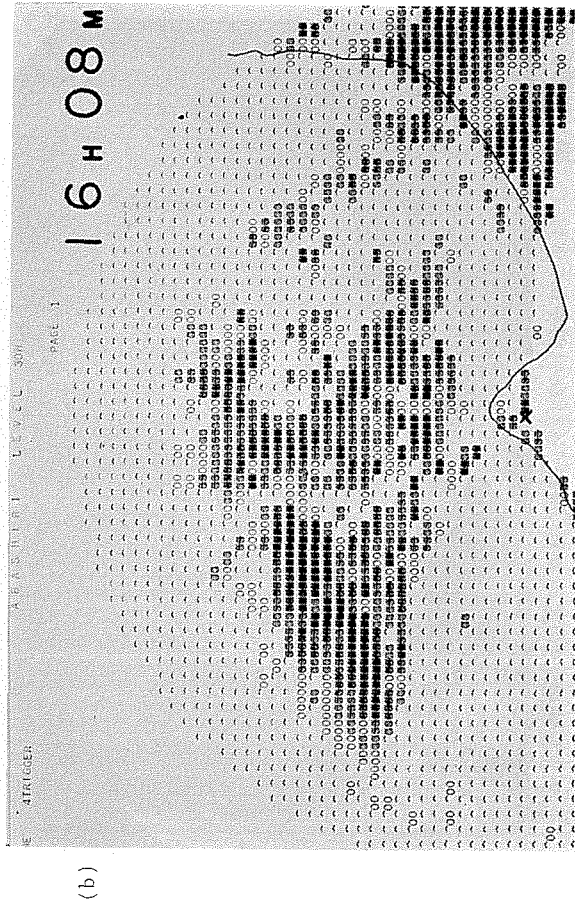
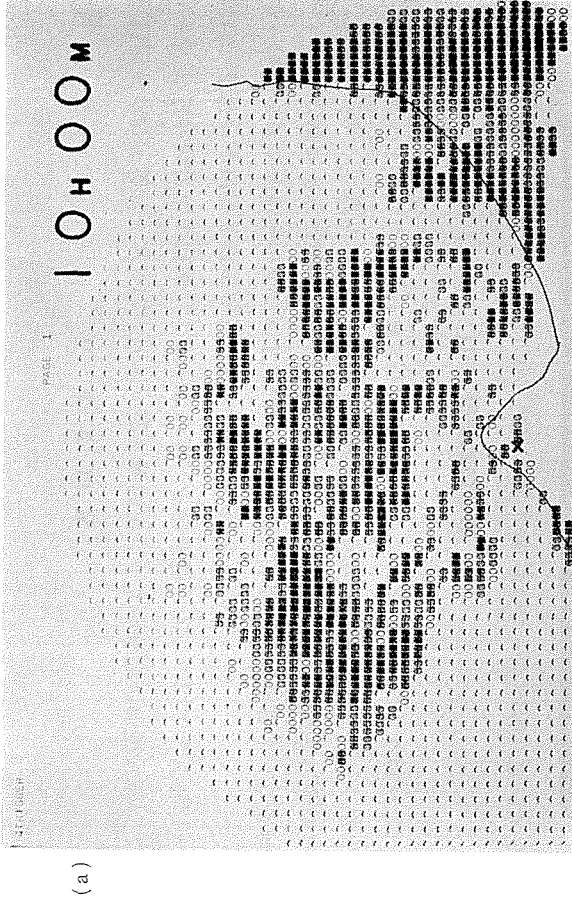
第 1 図 1974 年 3 月 5 日 16 時 11 分、網走、範囲 30 哩のレーダ映像写真

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 1321 号

** 流氷研究施設研究報告 第 36 号

(a), (b)は同日10時00分と16時08分のレーダ情報処理装置による数値情報である。数値情報は約1哩間隔(よこ方向1哩, たて方向0.83哩)の格子点に0~15の整数値として得られるが, 図では見やすくするために4以下を開水面, 5以上を流水として数値の大きい点ほど濃い濃淡図として表現してある。

初めに流水の流動は第2図の横方向(海岸線沿い)と縦方向(沖合い方向)との全く独立な移動からなると考え, 次の如き計算を行った。すなわち縦方向と横方向の格子点番号を p, q ($1 \leq p \leq P, 1 \leq q \leq Q$)とし, 格子点 (p, q) に於ける図(a)の数値を $X(p, q)$, 図(b)の数値を



第2図 (a) 10時00分の計算機LP出力
(b) 16時08分の計算機LP出力

$Y(p, q)$ としたとき、横方向の相互相関関数

$$C(p, j) = \frac{1}{Q-j} \sum_{q=1}^q X(p, q) \cdot Y(p, q+j), \quad 0 \leq j \leq N$$

$$= \frac{1}{Q+j} \sum_{q=1}^q Y(p, q) \cdot X(p, q+j), \quad -N \leq j < 0$$

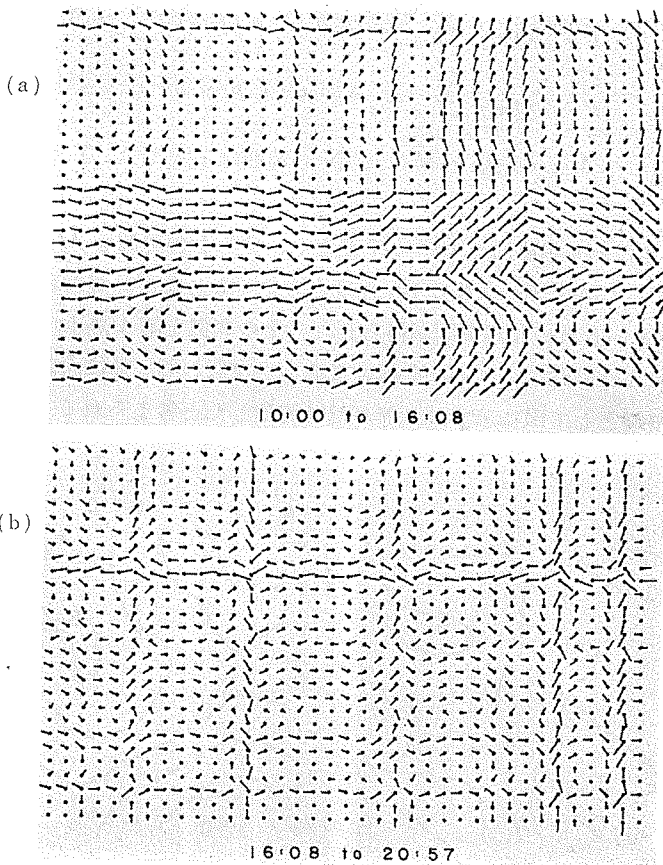
を計算する。ここで X, Y の値はそれぞれ平均値からの偏差に変換してあるものとする。すなわち X, Y の平均値は 0 である。 $-N \leq j \leq N$ の範囲で $C(p, j)$ が最大値をとる j の値を $J(p)$ とする。同様に縦方向の相互相関関数

$$C(i, q) = \frac{1}{P-i} \sum_{p=1}^p X(p, q) \cdot Y(p+i, q), \quad 0 \leq i \leq M$$

$$= \frac{1}{P+i} \sum_{p=1}^p Y(p, q) \cdot X(p+i, q), \quad -M \leq i < 0$$

を計算し、 $-M \leq i \leq M$ の範囲で $C(i, q)$ が最大値をとる i の値を $I(q)$ とする。 $I(q), J(p)$ をベクトル合成して

$$V(p, q) = \overrightarrow{I(q)} + \overrightarrow{J(p)}$$



第3図 (a) 線相互相関法による10時00分から16時08分までの流動
 (b) 同じ16時08分から20時57分までの流動

$V(p, q)$ をもって格子点 (p, q) に於ける流動ベクトルとするのである。 $P=28, Q=37, M=N=5$ として得られた流動ベクトル図を第3図(a), (b)に示す。

図(a)は10時00分から16時08分までの流動, 図(b)は続く16時08分から20時57分までの流動である。16時までの6時間内はかなりはげしく流動し, 一部では渦状をなしているが続く5時間では流動は弱まり, むしろ逆方向の傾向となったことが判る。しかし結果は以上の計算方法からも予想される通り, 縦横の不自然な縞模様が目立つ。初めの考え方, すなわち海岸線に沿う一直線上, およびこれに直角な沖合い方向の一直線上に並ぶ流氷が, それぞれすべて一様な流動成分を持つとする仮定が不適當であったことが判った。そこで次に流氷野を適当な大きさに区分し, その単位面内の流氷が, 平均的に移動する方向と量を2次元の相互相関法によって求めた。

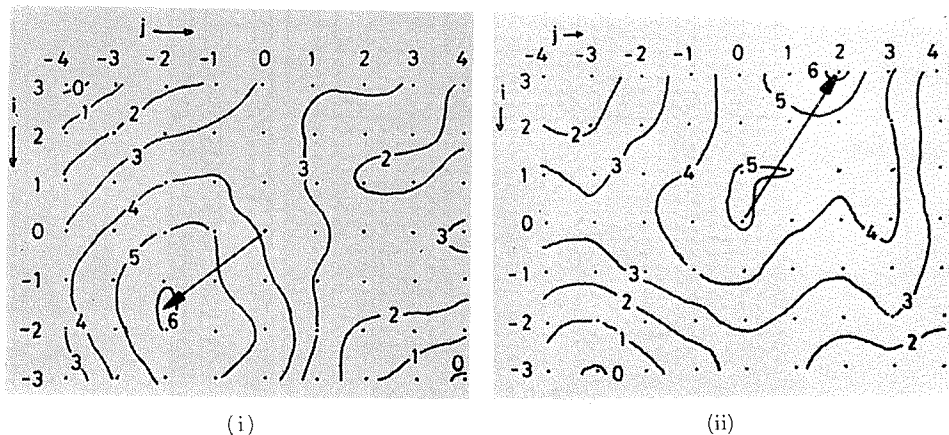
III. 面相関の方法

単位面の大きさを $1 \leq p \leq P, 1 \leq q \leq Q$, 相互相関のずらしの範囲を $-M \leq i \leq M, -N \leq j \leq N$ とすると, ずらし $0 \leq i \leq M, -N \leq j \leq N$ の範囲の X, Y の相互相関関数は

$$\begin{aligned} C(i, j) &= \frac{1}{(P-i)(Q-j)} \sum_{p=1}^{P-i} \sum_{q=1}^{Q-j} X(p, q) \cdot Y(p+i, q+j), \quad j \geq 0 \\ &= \frac{1}{(P-i)(Q+j)} \sum_{p=1}^{P-i} \sum_{q=1-j}^Q X(p, q) \cdot Y(p+i, q+j), \quad j < 0 \end{aligned}$$

で求められる。ずらし $-M \leq i < 0, -N \leq j \leq N$ の範囲は上式で X, Y を入れかえて求められる。

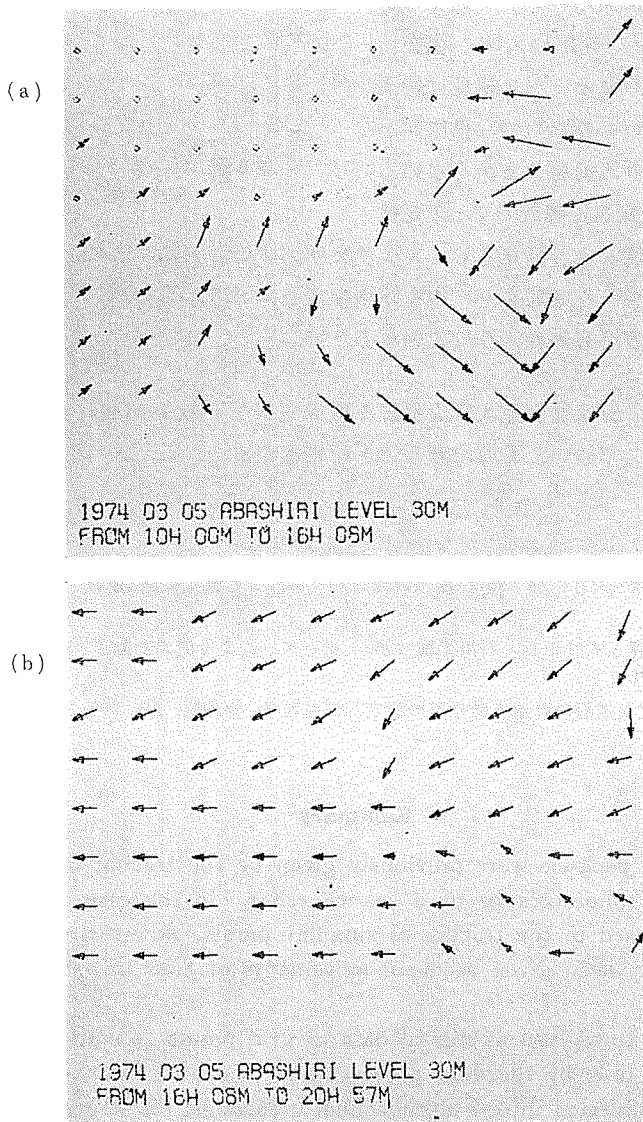
$P=14, Q=18$ すなわち単位面を 10.8×17 裡とし, ずらしの範囲を $M=3, N=4$ (5×8 裡) として計算した。ずらし数をデータ数の $1/5$ 程度と大きくとったが, 規格化した相関値の最大は 0.6 程度で, わりあいきれいな相関図が得られた。その2例を第4図(i), (ii)に示す。図には原点より相関係数最大の位置にベクトルを描いてある。すなわち, 単位面内に初めにあった流氷は, 次の時刻に平均として図に示すベクトルだけ流動したと考えられる。図は10時00分と



第4図 (i), (ii) 面相互相関係数の2例

16時08分のデータから得られたもので、ベクトルの大きさは(i)で3.2 呎、(ii)で2.4 呎である。従って6時間内の平均流速は、それぞれ0.5, 0.4 ノットとなる。

単位面を2格子点宛ずらして求めたベクトル群を第5図(a), (b)に示す。各ベクトルの原点は単位面の中心位置で、図は11.6×18 呎の範囲が示されているが、第2図のほぼ中央部に相当する。図(a)は10時00分から16時18分までの6時間、図(b)は続く5時間、16時08分から20時57分までの流動である。図で真北は左上45度方向であるが、この日の網走測候所の定時観測データを見ると第6図の如く、16時を境にして風速は急に弱まり、方向が北北西から全く逆の南南東に変わったことが判る。第5図(a), (b)にあらわれた流動の様子は、この風向・風速



第5図 (a) 面相相互関法による10時00分から16時08分までの流動
(b) 同じ16時08分から20時57分までの流動

の変動によく対応していると思われる。

IV. む す び

面相互相関の方法はレーダ情報処理装置から数値データさえ得られれば、あとは単に数値計算のみの手順で流動分布図が求められ、氷状図の特異点を追跡するという主観のはいりやすい人為的操作はない。しかし統計計算の性質から、単位面内のデータ数をこれ以下にはできない(今の場合 14×18)。現在の情報処理装置から得られるデータ密度は約1 湊格子点というあいものなので、単位面が大きくなり、広範囲の流動をこまかく求めることができない。情報処理装置の A-D 変換速度、データ転送速度をより高速にし、メモリを増大することによって、データ密度はふやせるが、以上の如きデジタル処理より、PPI 写真をもとにして、光を用いたアナログ処理により面相互相関を求めた方が有効のように思われる。

おわりに、この計算は北海道大学大型計算機センター FACOM 230-60 で行ない、流動図は同機の XY プロッタで描いたものであることを報告する。

文 献

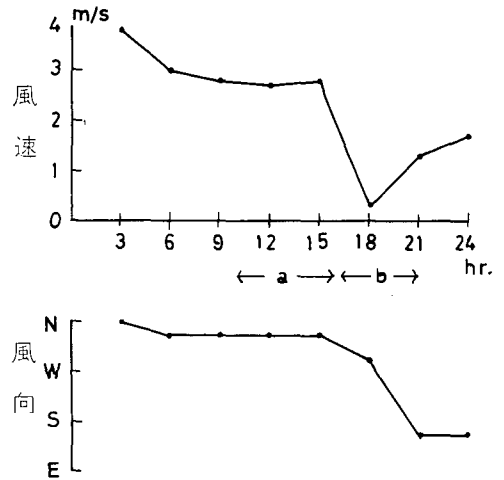
- 1) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行 1967 流水観測レーダーによる流水観測(序報). 低温科学, 物理篇, **25**, 233-239.
- 2) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行・石川正雄 1969 レーダーによる流水の動きの観測. 低温科学, 物理篇, **27**, 295-315.
- 3) 田畑忠司 1971 北海道沿岸の流水野の歪の測定. 低温科学, 物理篇, **29**, 199-211.

Summary

Flow-vectors of pack-ice were previously given by the tracing of singular points in the ice-field on PPI photo-graphs of a sea-ice radar. In the case of open pack-ice, in which we are confused in the tracing of singular points, flow-vectors of such an ice-field have, this time, been given as mean movements of floes in unit areas in the ice-field.

An ice map is now given as digital data at grid points at equally spaced intervals of about 1 nautical mile by the data processing of a sea-ice radar, in which levels of radar echoes are converted into 4 bits (decimal 0 through 15) at every grid point.

A flow-vector as the mean movement of floes in an unit area in an interval between time t_1 and t_2 is given by the origin of the unit area and the position which takes the



第6図 1974年3月5日網走測候所の定時観測による風速と風向

maximum value of 2-dimensional cross-correlation between data in the unit area at t_1 and data in the same area at t_2 .

A procedure which computes the 2-dimensional cross-covariance $C[0:M, -N:N]$ between 2-dimensional arrays $X, Y[1:P, 1:Q]$ is as follows:

```

Procedure Covariance 2 ( $X, Y$ ) Upper bounds: ( $P, Q$ )
                                Result: ( $C$ ) Lags: ( $M, N$ );
    value  $P, Q, M, N$ ; integer  $P, Q, M, N$ ; array  $X, Y, C$ ;
    begin integer  $i, j, p, q$ ; real  $T$ ;
    for  $i: =0$  step 1 until  $M$  do
    for  $j: =-N$  step 1 until  $N$  do
        begin  $T: =0$ ;
            for  $p: =1$  step 1 until  $P-i$  do
                for  $q: =$ if  $j<0$  then  $1-j$  else 1 step 1
                    until if  $j<0$  then  $Q$  else  $Q-j$  do
                         $T: =T+X[p, q]*Y[p+i, q+j]$ ;
                         $C[i, j]: =T/(P-i)/(Q-ABS(j))$ 
                    end
                end
            end
        end
    end Covariance 2

```

Original data have been normalized so that $\langle X \rangle_{p,q} = \langle Y \rangle_{p,q} = 0$, where $\langle \rangle_{p,q}$ designates an average taken over all P, Q values of p, q . The cross-covariance $C[i, j]$ over a lag-range, say $0 \leq i \leq M, -N \leq j \leq N$, is computed by

$$\text{Covariance 2 } (X, Y, P, Q, M, N),$$

then $C[i, j]$ over a minus i range, say $-M \leq i \leq 0, -N \leq j \leq N$, is computed by

$$\text{Covariance 2 } (Y, X, P, Q, M, N).$$

Maps of the flow-vectors given by the data at 10:00~16:08 and 16:08~20:57, Mar. 5, 1974, in Abashiri are shown in Fig. 5. These patterns of flow exactly corresponded to changes of wind speed and direction on the day.