



Title	レーダーブイによる流氷の動きの観測
Author(s)	小野, 延雄; ONO, Nobuo
Citation	低温科学. 物理篇, 35, 267-273
Issue Date	1978-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18342
Type	departmental bulletin paper
File Information	35_p267-273.pdf



レーダーブイによる流氷の動きの観測*、**

小野 延 雄

(低温科学研究所)

(昭和52年10月受理)

I. ま え が き

低温科学研究所付属流氷研究施設では、1967年らい毎冬、レーダーによる流氷観測を続けている。枝幸・紋別・網走の3局のレーダー網によって、北海道のオホーツク海岸沖合およそ60km域内の流氷の分布や移動が、昼夜・天候にかかわらず随時観測できるようになった。

レーダー映像上での流氷野内の特異点に着目して、その動きを追跡したり、そのような点を何点か選んでそれらの点で囲まれた氷野の変形を調べたりする研究が行なわれている^{1,2)}。しかし、レーダー映像としてとらえられる流氷の動きは単純でなく、分散したり、集中したり、渦を巻いたりしながら流れているので、流氷野内に標点として選んだ特異点も時がたつにつれて変化し、消滅したり見失ったりすることが多く、これまでの追跡は3、4日が限度であった。また、流氷野の漂流や変形が顕著な、動きの激しいときに、本当に同一の氷を追跡しているのだろうかという危惧があった。

このような懸念をなくすためには、レーダー映像上にあらわすことのできる人工標的を氷上に設置して、その動きをレーダーで追跡すればよい。そのような標的としては、反射体だけではその映像が流氷野の映像中に埋もれてしまうから、標的自身が電波を出して応答するレーダーブイが最適である。

1977年2月中旬から下旬にかけて、レーダーブイを用いた流氷の動きの観測を初めて試みた。この報告は、その観測の概要を述べ、得られた流氷の動きを風や海流などと関係づけながら考察したものである。

II. レーダーブイ

レーダーブイは、レーダー電波を受けるとVHF電波のパルスを発してその位置を知らせるもので、その電波を受信してレーダー系と組み合わせることによりレーダー映像上にその位置を示すことができるものである。周波数およそ9.4GHzの船舶レーダー用に作られた市販のレーダーブイ(緑星社製FRB-1型)を、流氷レーダーの周波数5,540MHzに合うように改造した。また、受信装置も市販品では12.9海里までしか測れないので、距離計測レジスタを増設して33.6海里まで測れるように改造したものを特製した。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1841号

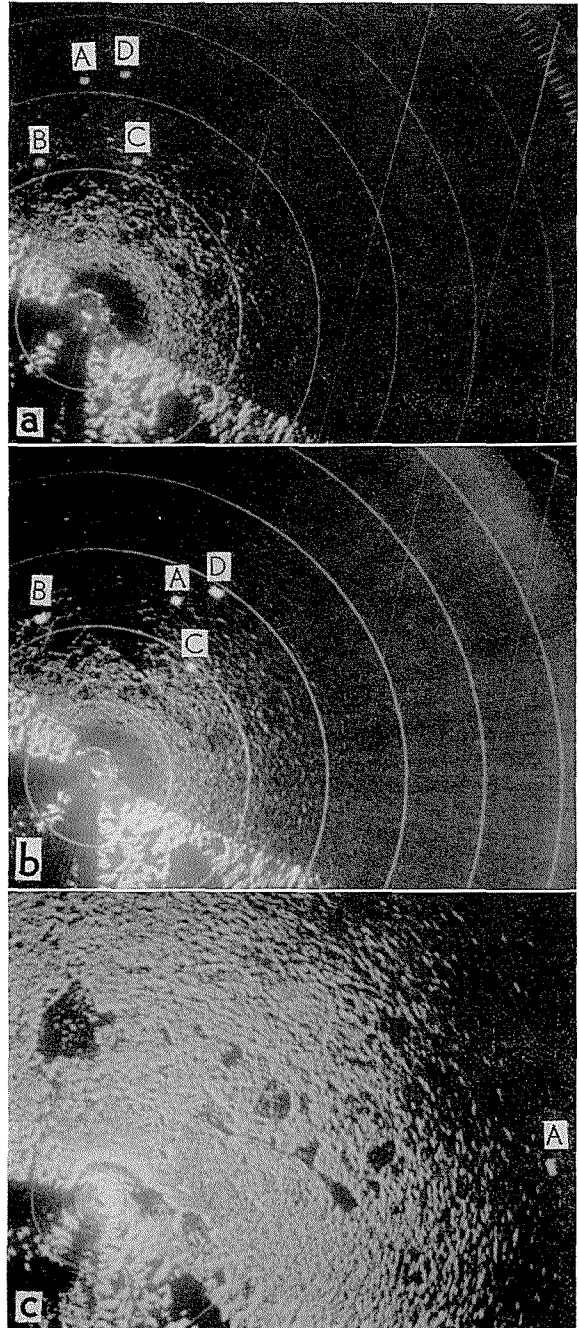
** 北海道大学低温科学研究所 流氷研究施設研究報告 第55号

レーダーブイが発信する VHF パルスは主パルスと識別用副パルスとからなり、ブイごとにパルスの幅 (64 あるいは $80 \mu\text{s}$) と両パルスの間隔 (128 ~ $312 \mu\text{s}$ 間を $8 \mu\text{s}$ きざみ) との組合わせを変えることにより、48 個のブイの識別ができるようになっている。この識別機構を利用すれば、風速を段階的にきざんで両パルスの間隔を制御することにより、流水上の風速情報を遠隔計測することが可能となる。今回は風速を風力階級できざんで計測することを試みた。この 1 情報の遠隔計測は、今後、時計による切換えを行なえば複数情報の計測が実現できることを意味している。

III. 観測概要

1977 年 2 月 16 日に 4 台のレーダーブイをヘリコプターで紋別港北方の流水上に設置した。第 1 図 a はブイ設置後のレーダー像の写真である。ブイの像をはっきりさせるために流水の映像はおさえて撮影した。4 台のレーダーブイには A, B, C, D と符号をつけた。B, C の 2 点では、風力階級による風速の遠隔計測を行なった。19 日には、3 台のブイ B, C, D を回収した。第 1 図 b は 19 日の回収前のレーダー像写真である。ブイ B は沿岸定着氷上であったために、期間中ほとんど動いていない。ブイ A, C, D は、この約 3 日間に 10 ~ 13 km, いずれも南東方向に動いていた。

ブイ A は 19 日には回収せずに追跡を続け、24 日に紋別レーダー局の観測域からはずれるまで追うことができ



第 1 図 レーダーブイの映像

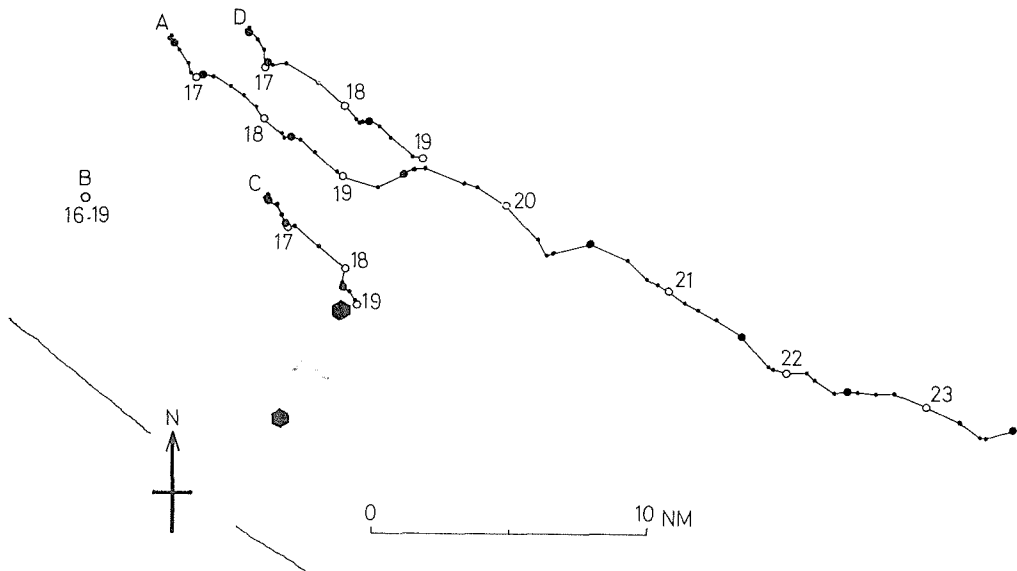
- a) 2 月 16 日 18 時
- b) 2 月 19 日 10 時
- c) 2 月 24 日 0 時

同心円の間隔は 5 海里

た。第1図 e は24日0時のレーダー像写真である。

ブイの動きを時間を追って調べると、その動きは一様でなく、移動と停滞とをくりかえしていることがわかった。第2図は各ブイの移動経路を示したものである。ブイ B は前述のようにほとんど動いていない。ブイ A, C, D の流跡に付けた数字と白丸は、その日の正午位置を示している。大きめの黒丸は午前零時の位置を示し、小さな黒丸はほぼ3時間ごとの位置であるが、動きの大きいときには途中の時間の位置も示してある。

ブイ A, C, D は、いずれもほぼ海岸線に平行に南東方向に移動し、停滞時には若干岸寄りとなって、沖に凸の弓形を連ねた流跡を示した。各ブイの移動距離の比較から、岸から遠いブイの方が速く動いていたことがわかる。



第2図 レーダーブイの流跡
数字は日、白丸は正午位置、黒い六角形は流水下の流速測定位置



第3図 ブイ A およびその付近の氷状 (2月16日)

ブイおよびブイを設置した氷の周囲の氷状を示した写真が第3図および第4図である。第3図はブイ A の写真であり、手前の平らな氷の厚さは約 70 cm, その氷の周縁には平坦氷の表面上約 2 m に達する氷丘が出来ていた。この付近の氷状は, 19 日にも大きな変化は見られなかった。

第4図は, 風速計付きのブイ C とその周辺の氷状の写真である。風速計の出力を風力階級で段階的に分けて主副パルスの間隔を制御するブイとレーダーブイとが電池箱をはさんで縛りつけてある。手前の輪は回収時にヘリコプターが降りられないとき, これを引っかけてつりさげて回収するための吊り輪である。向こう側には設置時には見られなかった水面が見えている。

2月19日の回収時の空中偵察で, ブイ A, B, C, D は, いずれも別々の独立した氷野に乗っていたことがわかった。



第4図 風速計付きのブイ C とその周辺の氷状 (2月19日)

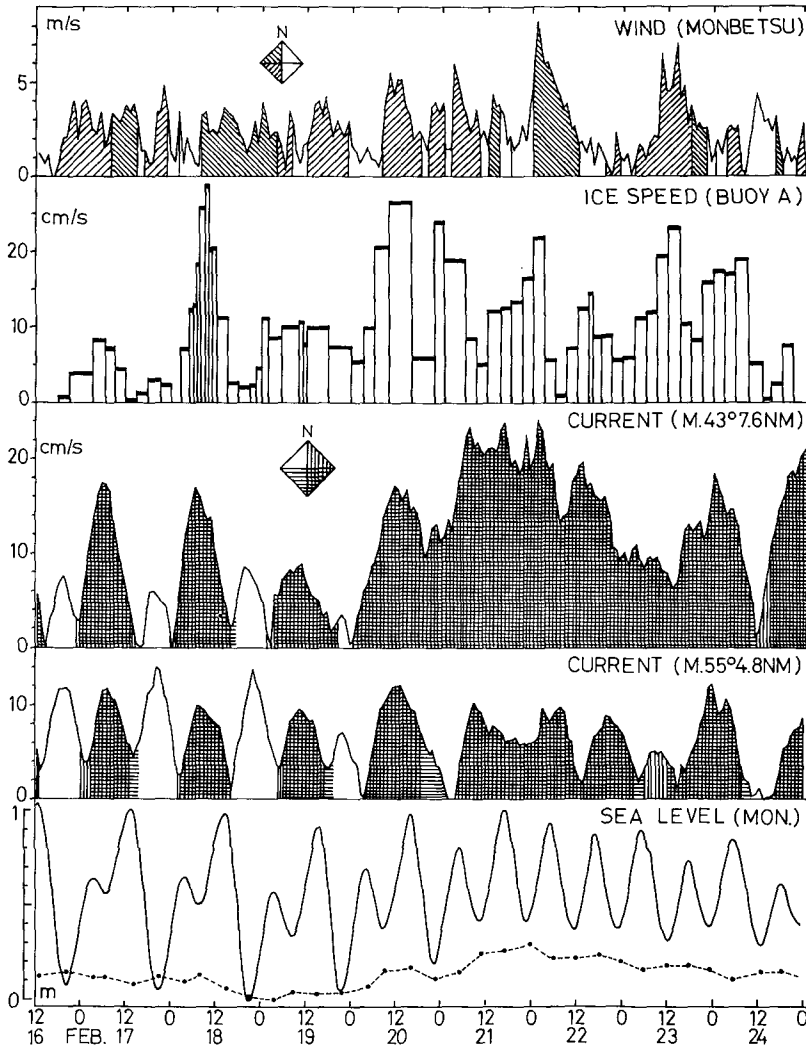
IV. 結果の考察

流氷は, 水面上の部分に働く風の応力, 水面下の部分に働く海水の応力, 氷盤同志の衝突および拘束力, 地球自転の偏向力, 岸による拘束などの力を受けて動いている。

ブイすなわちブイを乗せた氷の流跡には, 第2図に示したように, 移動と停滞とを繰返しながら円弧を連ねたような動きが見られた。このような流水の挙動を説明するために, 利用しうる気象・海象資料, すなわちブイ B, C での風力, 沿岸気象官署の風, 流水下の流向・流速, 紋別港の潮位などとの関係を調べた。それらのうちのいくつかをまとめて示したのが第5図である。上から, 紋別測候所での風向・風速, ブイ A の区間流速, 紋別港北東 7.6 海里点の流水下の流向・流速, 紋別港北東 4.8 海里点での流水下の流向・流速, 紋別港の潮位である。

ブイ A, C, D の動きは岸からの距離によって若干速度の違いは見られたものの, 移動と停滞の様子ではほぼ同様の動きを示していたから, ブイ (流氷) の区間速度としては観測期間の最も長いブイ A の場合だけを示してある。区間流速としては最高 30 cm/s (約 0.6 kt) 程度, 移動時の平均はおおよそ 11 cm/s (約 0.2 kt) が得られた。孤状の動きは見られるが, 流向は海岸線にほぼ平行の南東方向であったから, 特に流向は示していない。

流氷野の下の流向・流速は, 第2図に黒い六角形で示した2点での海面下 25 m に, 流氷到来前の12月末に自記流向流速計を設置し, 流氷退去後の3月末に回収して測定していたものである。顕著な流れは海岸線にほぼ平行な南東流と北西流とであったので, 東から南にかけての流向を格子で示し, 西から北にかけての流向を白ぬきで示して流向を表現した。ブイの動きが弱まってほぼ停滞する期間は, 流水下の海流が北西流のときと対応しているのを見ることができる。



第5図 ブイ A の区間速度と沿岸の風および流氷下の流速との対比

流氷下の流速は4.8海里点よりも7.6海里点の方が大きい。ブイ A の流跡はさらに沖にあたるから、ブイ A の氷の下の流速は、7.6海里点の流速と同程度かそれ以上かと推測される。しかも測定された流速は、海面下25mの深さであるにもかかわらずブイの移動速度と同程度であるから、流氷野の動きによって下の海水が引きずられて生じた吹送流とは考えられない。むしろ、この海水の動きが流氷野の動きを大きく支配していたと見るべきであろう。

紋別港潮位の図を見ると、流氷下の流向が北西流に転じはじめるのは下げ潮のときに一致していることがわかる。したがって、流氷下の水の動きは潮流的性格の強いものであるということが出来る。

平均水位の変化を点線で示したが、2月18日から19日にかけて低く、21日から23日にかけて高くなっており、その振幅は30cm位である。これは千島沖を低気圧が通り、気圧が30mb

近く低下したのに対応し、気象潮汐として説明できる。しかし、20日から23日にわたって流水下の流向に北西流が現われなかったのとこの水位上昇との関係については断定できず今後更に調べたいと考えている。

紋別測候所の風向は、冬の北西の季節風の時に、局地的な地形の影響で南西風となることが知られている³⁾。それで図には北から西にかけての風向を右下がりの斜線で、南から西にかけての風向を右上がりの斜線で示した。期間中、19日までは3~4 m/sの弱い風が吹き、20日以降時々数 m/sの風が吹いていたことがわかる。また、流水を南東方向に吹き流すような斜線をほどこした風向が、高い頻度で吹いていたこともわかる。

2月16日から19日までブイ B、C で測っていた風力は、ほとんど風力階級 1~2 の 3.3 m/s 以下の風であったが、18日の6~15時には風力階級 3 (3.4~5.5 m/s) となり、特に12~13時には4 (5.5~7.7 m/s) に達していた。この時期の流水の区間速度は特にこまかくとって示したが、氷野の速い動きが見出されよい対応を示していた。

ブイ A の全観測期間中の平均風速は 3 m/s 弱であり、これと平均移動速度とから風力係数を求めると 0.04 となって風速の約 4% 程度の速度で流水が動いていたことになる。この値は北氷洋や南極海で得られた風力係数 2~3%⁴⁾ よりも大きく、また個々の区間で風力係数を求めると大ききばらつくことから、上述のように流水の動きには下の水の動きが大きく影響していることを示している。

流水下の海水が北西流となっているとき流水がほとんど北西に動いていないのは、水面下の海水の応力と水面上の風の応力とが打ち消し合って停滞していたものと考えられることができる。

V. 結 語

流水上にレーダーブイを設置してその動きをレーダーで追跡する試みを初めて行なった。ブイの動きを風や海潮流などの資料と対応させながら考察した。風の影響も海潮流の影響も共に現われており、それらの変化が流水の複雑な動きの要因であろうと推測された。

今後は風向と風速とを時間的に切換えて遠隔計測することを試み、沿岸の風向でなく現場の風向を使って海潮流と風との影響を量的に分析したいと考えている。

結果の整理にあたり、風の資料を提供していただいた紋別測候所、潮位の資料を提供していただいた紋別海上保安部に感謝の意を表します。

この観測は、低温科学研究所海水研究グループと流水研究施設職員全員の協力によるものであることを付記し、謝意を表します。

このレーダーブイ観測に要した費用は、文部省臨時事業費「レーダーブイによる流水の動きの研究」によった。また、流水下の流速測定は、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水の運動予測の研究」によった。ここに付記して謝意を表します。

文 献

- 1) 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.
- 2) 河村俊行・青田昌秋・田畑忠司 1975 流水野の回転と発散について. 低温科学, 物理篇, **33**, 179-190.

- 3) 紋別測候所 1966 紋別地方の気候と防災気象. 79 pp.
- 4) 小野延雄 1959 密流氷野におよぼす風の影響について. 低温科学, 物理篇, **18**, 171-178.

Summary

An attempt was made to observe the drift of a pack ice field by use of radar buoys with a radar system of the sea ice research laboratory located at Monbetsu city on the Okhotsk sea coast of Hokkaido.

Four radar buoys (A, B, C, D) were placed on a pack ice field north off the Monbetsu harbour on Feb. 16, 1977 by using a helicopter. The three buoys (B, C, D) were recovered on Feb. 19, leaving buoy A, which was followed until Feb. 24. Radar PPI photographs taken on these three days are shown in Figs. 1-a, b and c.

Paths of buoys are illustrated in Fig. 2. Buoy B was on a shore fast ice and did not move. Buoys A, C and D were moved southeastwards, parallel to the coastline at the speeds of 10-13 km per three days. Buoy A was moved about 65 km per 8 days. Open circles on path lines indicate the positions at noon of the dates denoted. Two black hexagons indicate the positions of Aanderaa current meters settled before the ice season at the depth of 25 m from the sea surface and recovered after the ice season.

In Fig. 5 the drift speeds of buoy A obtained in each time interval are compared with wind and current data. They are, from the above, wind velocities and wind directions observed at Monbetsu meteorological observatory, speeds of ice on which the buoy A was placed, current speeds and directions at 7.6 N.M. (nautical miles) off Monbetsu, the same at 4.8 N.M. off Monbetsu, and sea level changes at the Monbetsu harbour. The wind velocity did not exceed 10 m/s during the whole observational period. The speed of ice was therefore almost in the same magnitude as the speed of current under the ice field. The current showed a tidal movement parallel to the coastline. When the current flew northwestwards, the ice speed decreased and the effect of weak wind was seen in the speed of ice.