



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	流氷観測レーダー情報の数値化
Author(s)	石田, 完; ISHIDA, Tamotsu
Citation	低温科学. 物理篇, 29, 185-189
Issue Date	1972-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18181
Type	departmental bulletin paper
File Information	29_p185-189.pdf



流水観測レーダ情報の数値化^{*,**}

石 田 完
(低温科学研究所)
(昭和46年8月受理)

I. ま え が き

低温科学研究所流水観測施設では現在、流水観測は主に、レーダのPPIを写真撮影することによって行なわれている。写真から読みとられる氷縁や氷湖の位置を追跡して、氷野の運動や変形を調べたり、水量の日変化を求めたりしている。PPIを5分毎にシネカメラでコマ撮りして映画にしてみると、オホーツク海沿岸の流水は複雑な渦動拡散・収縮運動をしていることがわかった。このような氷野変動の解析には多くの手作業と時間を要するので、レーダの情報を電子計算機により実時間処理する計画が進められている。レーダ情報を実時間処理するためには、レーダ情報をまず数値化しなければならない。その一つの試みとして、単位面積内から反射してくるレーダ反射信号のパルスの数としてレーダ情報を数値化してみた¹⁾。レーダの発射信号は幅 $0.2\ \mu\text{s}$ か $1\ \mu\text{s}$ のパルスで毎秒1,000回発射されている。これが海面上に分散している反射物体から次々に反射してくるので、レーダの受信信号は時間的に連続した波形となるが、氷野からの反射は平均レベルがゆるやかに変動するパルス状である。そこで単位面積内の反射パルス数を数えることができ、その数の分布は氷状と対応がつくことがわかった。しかし、このパルス数には電波の距離による減衰が余り影響しないという利点はあるが、氷状との対応はまだ充分とはいえない。有効高さや反射断面積の大きな流水からは当然強い電波が帰ってくるので、受信信号のレベルそのものも情報として重要な量であり、このレベル情報とパルス情報とをいかに組み合わせるかが問題となる。

II. 電子計算機による処理計画

対数増幅器を通った後のレーダ受信信号から2種類の情報をとりだす。一つは受信信号の $6\ \mu\text{s}$ 毎の平均レベルであり、他はもとの受信信号と平均レベルとの差としてとりだされるパルス列である。平均レベルはレーダ・トリガパルスを基点として $10\ \mu\text{s}$ 毎にサンプリングして4ビットのデータとする。パルス数はレーダ・トリガパルスから $5\ \mu\text{s}$ または $10\ \mu\text{s}$ 毎に含まれるパルス数で4ビットのデータとする。いずれのサンプリングもレーダ・アンテナの回転角 $50'$ 毎に行なう。1方位でのサンプリング回数は36とする。 $10\ \mu\text{s}$ 間隔のサンプリングでは1方位につき $360\ \mu\text{s}$ 間のデータであり、アンテナからの距離にして54 km以内のレーダ情報である。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1135号

** 北海道大学低温科学研究所流水観測施設研究報告 第19号

アンテナは連続的に回転しているので、 $360 \mu\text{s}$ の間に約 $1.6'$ 回転するが、アンテナの水平指向性が 1° なので方位分解能からこれらは 1 方位のデータと考えられる。海面上、方位角最大 220° 内のデータを集録し、これを 1 フレームとする。アンテナの 4 回転分、すなわち 4 フレーム分のデータを各サンプリング相当位置毎に平均し、これを原データとする。アンテナは 1 回転約 5 秒を要するので、30 秒以内に 9,504 個 ($36 \times 220 \times 60/50$) の 1 種類のレーダ情報が得られる。準備している計算機システムの規模では 4 フレーム分の生データと平均値原データのメモリーに 14k ワード要するので、アンテナ 4 回転の間にパルス情報と平均レベル情報の 2 種類を同時に集録することはできない。アンテナの 4 回転毎に交互に 2 種類の情報を集録することになる。原データは 10 進数に変換されて (計算機内部では 4 ビットであるから $0 \sim 16$ の整数)、そのままタイプライタで印字される。すなわち横欄はアンテナからの距離に従って、縦行は方位角に相当する表ができる。あるいは、これを直角座標表示に変換して、ほぼ半円形に PPI 相当の表示を得る。

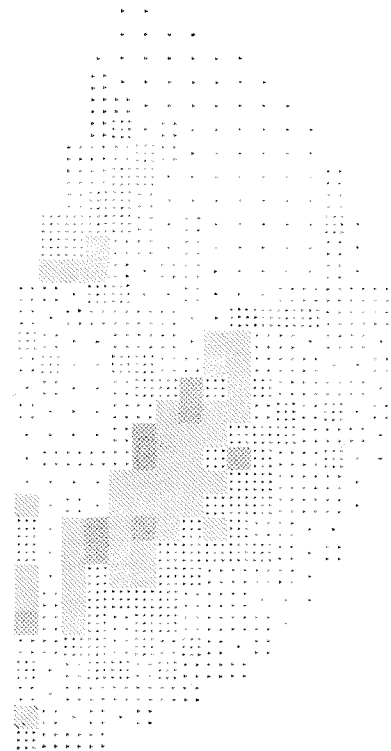
III. 手作業による処理

第 1 図は紋別における 1971 年 3 月 9 日 10 時 59 分の PPI である。ほぼ南北にはしる氷縁があって、西側は sea clutter がある広い開水面、東側は厚さが 40 cm 程度の密群氷である。これは、この時のヘリコプタによる観測で確かめた。このような場合には、パルス数分布図で

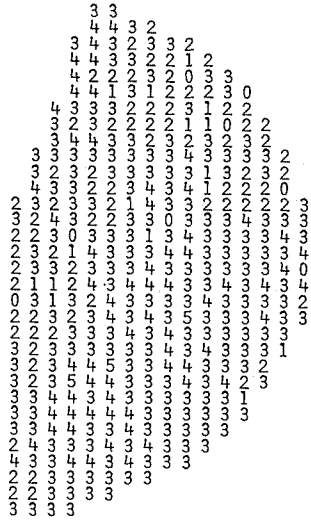


第 1 図 レーダ PPI 写真

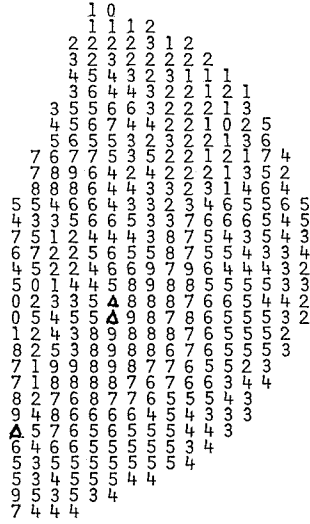
図中の同心円は 5 海里毎の距離目盛



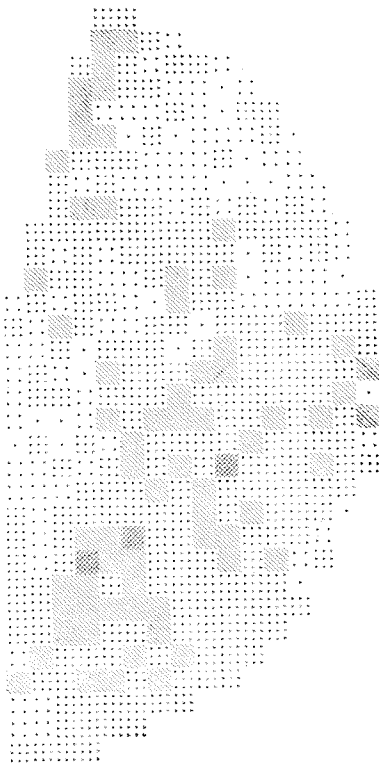
第 6 図 第 2 図, 第 3 図の平均



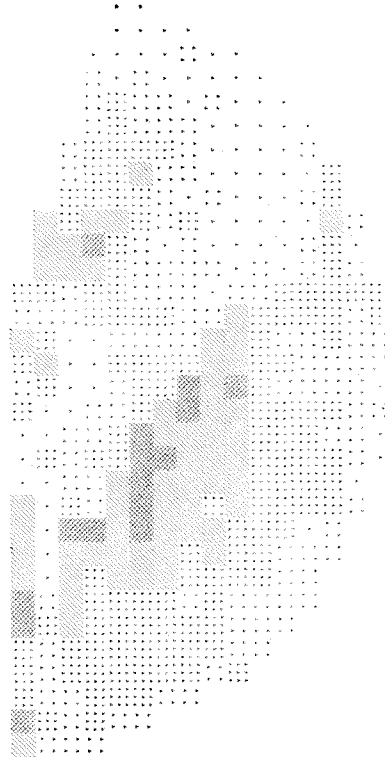
第2図 パルス数分布図



第3図 平均レベル数分布図



第4図 第2図の濃淡表現



第5図 第3図の濃淡表現

は開水面と氷野との区別がつかないことが懸念されるので、この時のレーダ情報を電子計算機による処理手順に従って手作業で解析してみた。

この時のレーダ受信信号は A スコープを毎秒 64 コマの 16 m/m シネカメラで撮影してある。レーダ・アンテナは約 5 秒で 1 回転するので、各コマは方位角約 1.4° 毎の A スコープ写真となっている。方位角 $50'$ 毎にサンプリングする計算機処理の場合より約 1.7 倍のあらさとなるが、半径方向の単位距離は 1 海里 (約 1.8 km) とした。これは計算機処理の場合の $10 \mu\text{s}$ (1.5 km) 毎のサンプリングに相当する。また計算機処理の場合は 4 フレーム分を平均するのであるが、64 コマの撮影の場合、露出時間は約 $1/200$ 秒で、毎秒 1,000 個の発射パルスの約 5 個分の受信信号が 1 コマの A スコープとなっているから、アンテナ 1 回転分の写真のみを用いた。データのビット数は 16 m/m シネカメラの分解能から 4 ビットまで読みとれず、振幅で 11 段階、パルス数で 6 段階まで読みとった。

第 2, 3 図は 1 海里格子点に印字した、それぞれパルス数と平均レベルである。なお、平均レベルを示す第 3 図中の \triangle は 10 を表わす。両図は欄間隔と行間隔が等しくないタイプライタで印字したので、全体が上下につぶれた半円になっている。これを見やすくするために 5 段階の濃淡図として表現したのが第 4, 5 図である。これらは後の第 6 図も含めて北海道大学大型計算機センターの FACOM 230-60 システムの X-Y プロッタを使用して描いた。

第 4 図のパルス数分布図では分散が大きく、開水面と氷野との区別が判然としない。第 5 図の平均レベル分布図では、氷縁は認められるが、アンテナを中心として半径方向に強い減衰が見られる。そこで第 2, 3 図のパルス数と平均レベル数とを各座標点毎に単に合計して、その合計数をさらに 5 段階に分け、濃淡で表現したのが第 6 図である。これは第 1 図の PPI と比較してみると、かなり実際の氷状に近い表現が得られている。しかし遠方での減衰がまだ目立つので、レーダ電波の距離減衰特性を考慮して平均レベルを補正するとか、パルス情報とレベル情報との組み合わせを工夫すれば、さらに良い表現が得られるであろう。また第 6 図に於いては段階 2 以下を開水面、3 以上を氷野とみればよいので全域での水量等はただちに求められる。しかし開水面と氷野を何ビットで区切るかは、受信信号の質と処理方法によって異なってくるので、今後多くの試行錯誤を要する。

この研究に使用した費用の一部は、日本学術振興会日米科学協力研究事業費から支出された。なおこの研究に要した費用の一部は文部省科学研究費、特定研究・災害科学、流氷の総合的研究によったことを記しあわせて謝意を表します。

文 献

- 1) 石田 完・小野延雄 1969 流氷状況とレーダー像との対応. 低温科学, 物理篇, **27**, 317-325.

Summary

The information processing of sea-ice radar echoes has been planned at the Sea Ice Research Laboratory. Figure 1 shows the PPI display of the Monbetsu Radar at 10:59 hrs, March 9, 1971. Radar information at that time was obtained as photographs in the A-scope taken by a 16 m/m cinecamera at the speed of 64 frames per second. The radar antenna was in regular rotation, one 360° revolution taking about five seconds. Thus each photograph corresponded to the wave form of echo signals at every azimuth of about 1.4°. The manual analysis of such radar information was tried following the procedure of the data processing planned, before the completion of a computer system.

Two kinds of information were taken out of echo signals. One was the number of echo spikes counted during each 12 μ s, and the other was the mean level of echo signals during each 12 μ s and it was numerized to four bits. Figures 2 and 3 show respectively the number of echo spikes and the mean level of echo signals plotted on each lattice point at intervals of 1 N.M. Averaging each value in these figures at every lattice point, Figure 6 was obtained as a pattern shaded following the mean values. This figure corresponds fairly well to the PPI display shown in Fig. 1.