南極における氷上よりの水深測量

橋本富寿*・間庭愛信**

Echo-Sounding from Surface of Ice Around Antarctic Continent

T. Hashimoto and Y. Maniwa

Abstract

The technics of echo-sounding from the surface of ice, which had been tried at the frozen lake, Harunako, were applied to sounding at locations near Syowa Station in Antarctic in 1967 and 1968. This is very important for the research of topography. The echo sounder was designed and manufactured to be usable at the polar region. In order to make the transducer contact with the surface of ice, grease was used in stead of water. The maximum sounding was the depth of 405m through the ice the thickness of which was 140cm. The precise topographical charts were drawn with this echo-sounding and the technics of determination of accurate sounding positions on the surface of ice.

1. 緒 言

さきに橋本・間庭・野田は結氷湖において氷上に超音波送受波器をおき、氷を通して魚群探知と測深を行なつた結果について発表した[1]。南極昭和基地付近における海洋調査として、氷海で海底地形、海底地質、地殻物理等の調査を行なう必要がある。結氷面下の測深は氷に孔をあけ測鉛をおろして行なつていたが、上述の方法を使用すれば、迅速正確に水深測量ができるので適切である。そこで極地での使用に耐えうるように音響測深機に改良を加えて、広島大学吉田栄夫及び藤原健蔵両助教授は氷上から測深を行なつた。その結果、厚さ140cmの氷上から405mの深さの海底の測深記録を得、水深測量図を作成することができた。

2. 音 響 測 深 機

この測深に用いた音響測深機は、周波数 20KHZ、真空管発振方式である。送受波器はフェライト振動子を用い、筐体はステンレススチールとFRPで、シリコンオイルの如き不凍液を充填した。氷上におく送受波器の外径は 26.4cm、氷に孔をあけて水中に挿入する型の外径は 10cmである。各部に注意を払つて -40°C の低温に於ても使用可能にした。記録紙は湿式では凍つて感度が低下するので乾式を用いた。

本測量は、広島大学吉田栄夫助教授が第8次越冬観測中に、続いて藤原健蔵助教授が第9次越冬観測中に実施した結果なので、本来共著にすべきものである。しかし両助教授が航海学会会員でないために冒頭に記名することができないのが残念であるが、航海学会における発表に快諾されたので敢えて本誌に発表する次第である。ここに両助教授に深甚の謝意を表する。

* 芝浦工業大学 ()

** 水産庁漁船研究室 ()

3. 氷上からの測深結果

氷を通して水深測量する場合、氷の超音波透過損失を知らなければならない。南極の氷の透過損失を測定することができないので、当然性質は異なるが市販の人造氷および榛名湖の氷ですでに測定した 28KHZ およびミリ波超音波の透過損失を表1に示す。その結果は、周波数が低い方が透過損失が少ない傾向である。それ故この種の測深にはできるだけ低い周波数を用いた方がよいので、振動子の大きさも考えて 20KHZ を選んだのである。

表1 氷中の超音波透過損失

周波数 (KHZ)	透 過 損 失 (dB/cm)		
	市販の氷	榛 名 湖 の 氷	
		1962年12月	1963年3月
28	0.25		0.25
100	0.35		
200	0.60	0.40	0.40
400	0.60	0.40	0.40

送受波器の輻射面と氷の表面との間に空気が残れば接触が悪くて超音波の伝播が妨げられるので、よく密着させなければならない。榛名湖では氷の表面を平滑にして送受波器をおき、氷との接触面に水を注ぐことによつてよく接触させ、充分反響を得ることができた。しかし南極においてはポーラスの氷の中に水がすぐ浸みこんでしまうので、氷の面を平滑にしたあと、機械用のグリースを用いることによつて接触をよく

くすることができた。

図1 測深機を積んだカブス桶と海水

図2 測深機, 電源等

図1は吉田助教授が用いたカブス桶でこの中に測深機を装備した。周囲は海水である。図2は測深機、電源等である。図3は西オングル島大池の氷と送受波器である。

図4は雪上車と水中用送受波器、氷に孔をあけるボーリング機器で、藤原助教授はこの雪上車を用いた。図5は新南岩沖における気泡の多い海水と送受波器及びボーリングの様子である。図6は雪上車と氷上よりの測深中の状況である。

1967年8月から10月にかけて昭和基地付近図7に示す場所において、吉田助教授が測深した記録を図8(a)~(e)に示す。いずれも停止して測深するため海底は一定深度に記録されている。かつ低温における電池の容量の関係から一ヶ所の記録は短かくせざるを得なかった。

人造水中の音波伝播速度の測定値は約 3120m/sであつた。南極の氷の中の音速を測深記録上から求めてみる。深度目盛決定のための測深音速 Cs(1500

図 3 西オングル島大池の氷と送受波器

m/s), 氷中の音速 C_i , 氷の厚さ T_i , 記録紙上の厚さ T_r とすれば, $C_i = (T_i C_s) / T_r$ である, 図 8 (a) の記録は 氷の厚さが 約 150cm の場合に, 送受波器を氷上において測深した場合と, 孔をあけて氷の下面の所に送受波器をおいて測深した場合であつて, この二つの深さは約 0.7m の差がある。そこで $T_r = 0.7m$ として上式から C_i を求めると, 約 3200 m/s となつた。これを正確に求めることは, 超音波を用いて氷の厚さを測定するために重要である。

図 5 新南岩沖における気泡の多い海氷と送受波器及びボーリングの様子

Hamna Bay では, 図 8 (d) の右端の記録のように, 矢張り気泡の多い 160cm の厚さの冬氷を通して 37~124m の測深をした。この場合氷の状況は測深に適さないようであつたが成功した。

大池という淡水湖の氷は厚さが 162cm で小さいクラックが多いが, 海の氷より気泡が少なく, 図 8 (e) のように 5~12m の浅い明瞭な測深記録を得た。

1968年に藤原助教授が図 9 (a) に点線で示す各位置において, 同図 (b) に示すような測量図を求めることができた。超音波の透過の悪い氷の場合, あるいは水深が深い場合には氷に孔をあけて送

図 4 雪上車と水中用送受波器, 氷に孔をあけるボーリング機器

図 8 (b) のように, 新南岩において, 若い気泡の多い氷, あるいは古い氷で, 氷の厚さ 136cm で, 氷上から測深して水深 44m の記録を得た。

図 8 (c) のように, Prince Olav Coast 沖 1~10km で 140cm の厚さの若い気泡の多い氷を通して, 330m および 405m の海底を測深した。

Langpollen in Skarvs Nes District では, 図 8 (d) のように, 冬氷と気泡の多い 160cm の厚さの氷を通して 127m の測深ができた。

図 6 雪上車と氷上よりの測深中の状況

図 7 Prince Olav Coast と Lützow-Holm Bay の地図

受波器を水中に挿入して測深した。

氷の表面に雪が多いと気泡が多く、また新しい氷はシャーベット状なので氷を通して測深するのに適さない。brine の多い新しい氷（厚さ80~100cm）を通した場合は、海底の強い反射はせいぜい100m迄で、150mを越えると急に不鮮明となり、300mではきわめてかすかな反射しか得られなかった。2年以上経過したちみつな氷がよい。brine の少ない青氷(厚さ150~200cm)の上からは、約150mの深さまできわめて鮮明な海底記録を得、150m以上になるとやや薄くなるが400m迄判読可能な記録が得られた。気泡やクラックの多い氷の場合は、孔をあけ、送受波器を水中に入れて測測せざるを得ない。

一点の測深に要する時間は、送受波器と氷面との接触がよければ3~5分である。条件がよければもつと早くできる。氷上では測深位置を決定するのが正確・迅速にできる。

(a) 氷上からと、氷に孔をあけて氷の下面から測深した場合の比較

(b) 新南岩において136cmの厚さ氷を通して測深した場合

(c) Prince Olav Coastにおける140cmの厚さの氷を通して測深した場合

図 8 氷上からの測深記録

(d) Langpollen in Skarvs Nes District における 160cm の厚さの氷を通して測深した場合 (14~18), および Hamna Bay において氷の厚さ 150cm の場合 (右端)

(e) 大池における 162cm の厚さの氷を通して測深した場合

図9 水深測量図の作成

4. 結 言

昭和基地の付近で氷上から音響測深を行なった。この場合、超音波送受波器を氷の表面に密着させることが重要で、氷の面を平滑にし、グリースを用いることによつて海底からの反響音を得た。すなわち厚さ140cmの氷の上から最大405mの深さの測深を行なうことができ、位置の決定の速さと相まつて、迅速、正確な水深測量となし得ることが確かめられた。それ以上の深さの場合や、氷に気泡が多くて超音波の透過を妨げるような場合は、氷に孔をあけて測深する方法を併用して正確な水深測量図を作成することができた。

終りに本目的に適した音響測深機の製作を行ない多大の協力を惜しまなかつた株式会社産研平野正勝氏らに謝意を表する。

参 考 文 献

- [1] 橋本・間庭・野田：結氷湖における氷上からの水深測量とワカサギ探知実験, 漁研技報17-2 (1962), 18-2 (1963), 音響学会誌 20-3 (1964), Echo Sounding of Frozen Lake from Surface of Ice, International Hydrographic Review, 40, No. 2 (1963)

〔質問〕

透過して測深できる氷の厚さは2m位までか(松崎卓一)

〔解答〕

今回は1.5mの厚さの氷を通して約400mまで測深できた。それ以上の厚さになると測深しうる深度は浅くなる。南極の氷の20KHZ超音波の透過損失がわからないので2mの厚さの氷の場合の最大可測深度はわからないが、厚さ1.5mに対し往復で1mの増加となるので透過損失は榛名湖の氷の0.25dB/cmをとると25dBとなり、可測深度は約22mとなってしまう。勿論南極の氷の透過損失に左右されるが、氷が厚くなれば送信出力を増さなければならない。