

電磁誘導式氷厚計の船舶への実装方法

高塚 徹、石川 正雄
白澤 邦男

北大低温研 先端技術支援室
北大低温研 環オホーツク観測研究センター

I. はじめに

2003年8月から9月にかけて「Second Chinese National Arctic Research Expedition (CHINARE-2003)」に参加し、観測砕氷船「雪龍 Xue Long (図1)」に乗船した。北極海を航行中(図2)に電磁誘導式氷厚計(以後EM-31)を砕氷船に搭載し、海水厚測定の実験を行った。

ここでは、EM-31を砕氷船に搭載するまでの手法を紹介する。



図1 砕氷観測船 Xue long (全長 162 m、全幅 22.6 m、21,025 t)

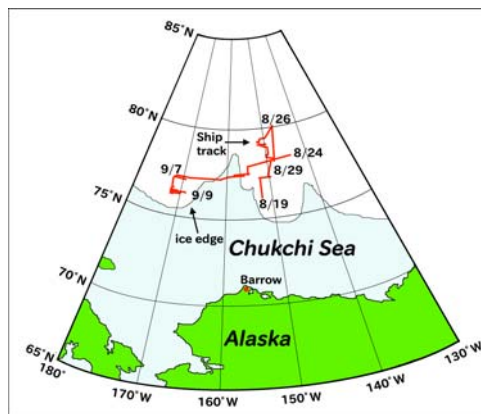


図2 観測航路図

II. 電磁誘導法による海水厚の測定原理

EM-31 とレーザ距離計(図3)を組み合わせることで、図4に示した測定原理で海水の厚さを測定することができる。EM-31のポール(長さ4 m)の両端に送信用・受信用のコイルがそれぞれある。送信コイルから発生した 9.8 kHz の交流磁場は海水・氷との境界面で誘導電流を形成する。誘導電流によって二次磁場が発生し、その強さを受信コイルが検知することで海水の底面(=海水の表面: Z_E)までの距離を測定することができる。同時にレーザ距離計で海水の表面、雪があれば雪面までの距離(Z_L)を測定する。二つのセンサーの測定値の差を取ることで海水の厚さ(積雪を含む: $Z_S + Z_L$)が測定できる。

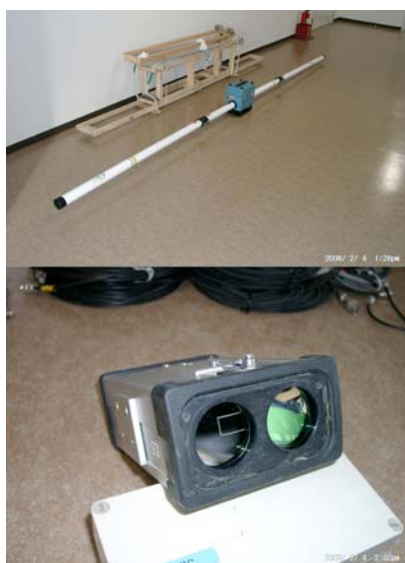


図3 EM-31(上)とレーザ距離計(下)

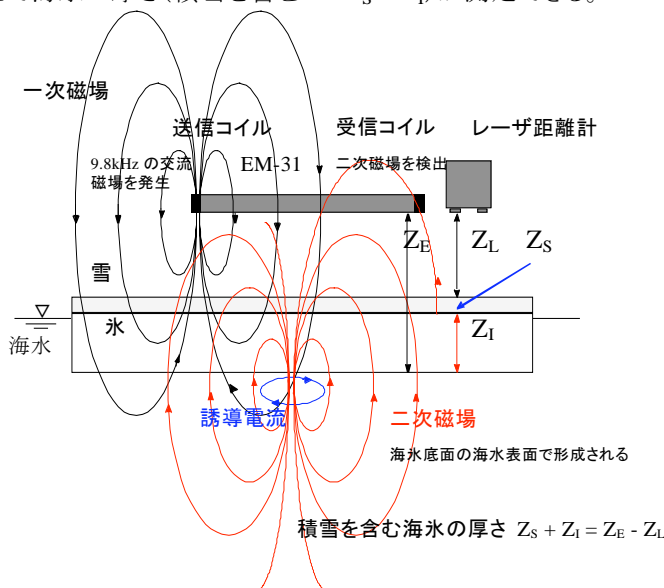


図4 電磁誘導法による海水厚の測定原理

III. EM-31 の設置を設置する際に注意しなくてはならない点とその対策

船上での EM-31 の設置には以下の注意すべき点があった。

- (1) EM-31 が発生する磁場を利用するため、磁性体である船体から十分に離して搭載すること。
- (2) 船の動揺によって EM-31 が揺れたり、回転しないように固定すること。
- (3) EM-31 が船体や海水に接触しても破損しないようにすること。
- (4) EM-31 とレーザ距離計の動作用 AC 電源を確保すること。

以上の対策として、船体からジブクレーン(アーム)を出し、その先に EM-31 とレーザ距離計を吊す方法を採用した。そのため、ジブクレーンと二つのセンサーを保護する枠を製作した。

枠には磁性体となり得る金属(金属フレーム、釘、金属製ボルトナットなど)を使わず、角材(30 mm×30 mm)を使った。木枠(図 5)は長さ 400 cm×幅 40 cm×高さ 40 cm、重さ 25 kg で、輸送を考慮して、3 個のパーツに分けて製作した。各パーツの製作の際には接合面を木工用ボンドで張り合わせ、木製丸棒(図 6)を打ち込んで固定した。木枠の組み立ては、それぞれのパーツをプラスチックのボルトナットで接合して固定した(図 6)。仕上げに防水用のニス塗った。木枠と 2 つのセンサー(図 7)を含めた重量は 40 kg 程度だった。

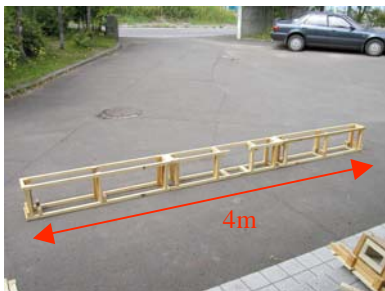


図 5 センサー保護用の木枠

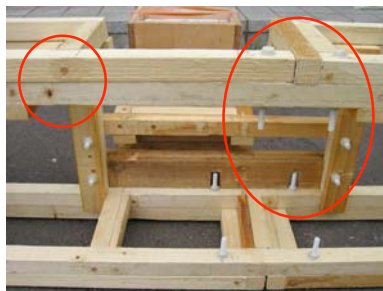


図 6 木製丸棒とプラスチック・ボルトナット

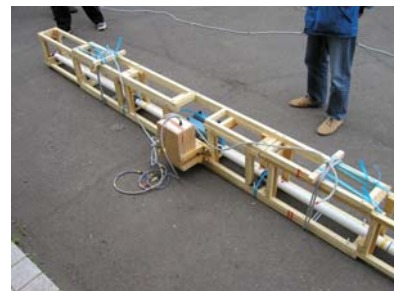


図 7 木枠に組み込まれたセンサー

ジブクレーンは、海上技術安全研究所・氷海技術研究グループ(南極観測船しらせに EM-31 を搭載し、海氷厚の観測を行った実績がある)に設計・製作を依頼した。ジブクレーンは 2 m のアーム 3 本(滑車、ウインチ付き各 1 本)、水平板、アームを支える背板(図 8)で構成されている。それぞれアルミニウム製で軽量だが、船の動揺による変形を防ぐために厚みがある。特にアームは強度を保つために断面が「H 型」になっている。3 本のアームは厚めのアルミニウム板(図 9) 2 枚で挟み、ボルトで締めて繋ぎ足すようになっている。

木枠にセンサーを組み込む手順、ジブクレーンの組み立て手順を確認した(図 10、11)。



図 8 左からアルミニウム製の背板、アームと水平板



図 9 結合用アルミニウム板



図 10 船舶搭載をイメージして、組み立て手順と設置の確認



図 11 海上でのキャリブレーション

IV. EM-31 の設置

EM-31 を Xue Long へ設置した概観図を図 12 に示す。設置位置は、積み重なった海氷や割れて立ち上がった海氷と衝突するのを避けられるように、海氷・雪面から 5 m とした。磁性体である船体から十分に離すことを考慮して、船外へ約 6 m (アームの全長)、下方へ約 6 m の位置とした。以下の手順で設置作業 (図 13～15) を行った。

- (1) 船によって海氷が割れ始めるところより前 (左舷甲板) に、支柱 (直径約 15 cm) を溶接して固定した。
- (2) 木枠に EM-31 とレーザ距離計を組み入れ、吊り下げロープを調整して木枠の水平を取った。
- (3) 船室にデータ収録用のノート型 PC、データロガー、電源などを設置し、EM-31 とレーザ距離計の電源ケーブルと信号線を配線した。
- (4) 支柱にジブクレーンを固定し、固定ワイヤ 2 を調整してジブクレーンのアームの水平を取った。
- (5) 吊り下げロープと吊り下げワイヤをカラビナで繋ぎ、センサーを船外へ出した。ジブクレーンが左右に振れないように固定ワイヤ 1 を船体に固定した。
- (6) レーザ距離計の数値 (海氷・雪面からの距離) が 5 m になるようにウインチで調整しながらセンサーを下ろして固定した。
- (7) センサー固定ロープを船体に縛り付けた。このロープはセンサーの動揺を少なくするための物なので少し緩めに張った。
- (8) GPS、ビデオカメラ、ビデオデッキ (EM-31 と海氷を録画) と確認用モニターを設置した。

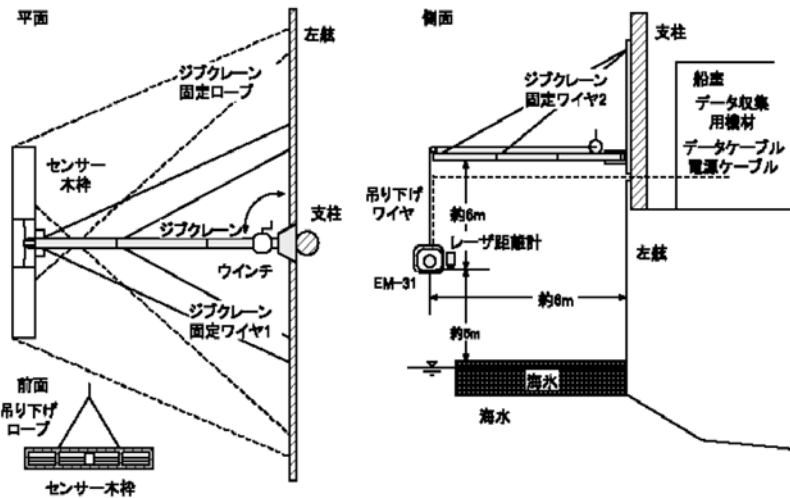


図 12 EM-31 Xue Long 搭載設置図



図 13 ビデオカメラ等の設置



図 14 EM-31 の設置作業と設置完了後

図 15 GPS の設置

V. データ収録と監視

EM-31 のデータ信号 (電気伝導度、同位相) とレーザ距離計のデータ信号 (距離) は船室内のデータロガーに送られ、A/D 変換後ノート型 PC (IBM Think Pad) に送られる (図 17、18)。PC はデータ信号を物理量に変換しながらグラフ表示をする。50000/ch データになったらファイルを自動保存し、次の収録を始める。同

時に GPS 計測、ビデオ撮影 (EM-31 とその下の海水) を行った。得られたデータは一日一回 CD-R にバックアップを取り、ビデオテープも交換した。

EM-31 とレーザ距離計の取得中のデータに異常があった場合、それらの定電圧電源の供給電圧、AC200V 電源、センサーの状態を目視確認し、状態に見合った対応をした。

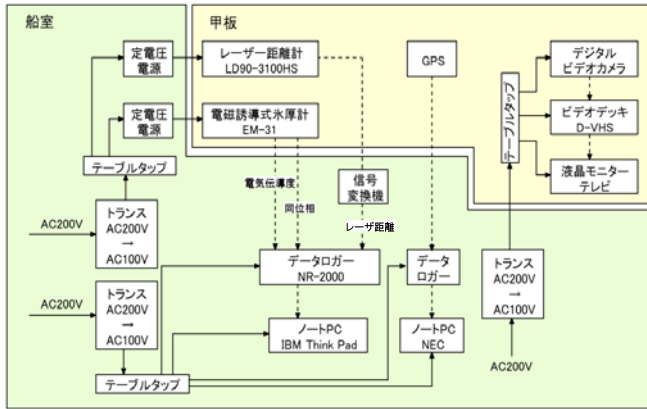


図 17 データ収録系統図



図 18 データ収録用 PC、その他

VI. EM-31 による実測定

停泊中に実測値と EM-31 のデータを照合するために、EM-31 の真下 4 m × 4 m の範囲で 2 m ごとにアイスコアを採集、氷厚を測定した。また、採集したアイスコアを 10 cm ごとに切り、融かしたのち塩分測定を行った。周囲では、EM-31/MK2 (同型の可搬タイプでメモリー付) を使用し、徒歩による直線上 (2 m ごと 2.2 km) の海水厚測定と、ドリルで氷に穴を開けて氷厚測定 (20 m ごと) を同時に行った。

VII. おわりに

約 1 ヶ月の北極海の航海ではあったが、なかなか快適な生活が送れた。食事も洋中を適度に盛り合わせてくれるなど厨房のスタッフの気持ちがありがたかった。



図 19 船が氷海運航中のときの EM-31 と氷状



図 20 北緯 80° 到達記念撮影



図 21 EM-31 設置の協力者



謝辞

本観測の準備にあたり、EM-31 の船舶搭載の技術指導をして下さった海上技術安全研究所・宇都正太郎氏に厚くお礼申し上げます。

また、「Second Chinese National Arctic Research Expedition (CHINARE-2003)」遂行にあたり Chinese Arctic and Antarctic Administration (CAA)、Chinese National Polar Research Institute、国立極地研究所の支援を受けた。厚くお礼申し上げます。

参考文献

船舶搭載型の電磁誘導センサーによる海水厚観測について 海上技術安全研究所 宇都正太郎 2003 年 4 月
巡視船「そうや」 実船実験マニュアル 海上技術安全研究所 瀧本忠教、宇都正太郎 2006 年 1 月