

7. 函館発の海洋計測機器

「デジタル XBT（投げ込み式水温水深計）」の研究開発

ものづくり技術支援グループ

企画事業部

(株)エスイーシー

北海道大学大学院水産科学研究院

(地独)北海道立総合研究機構

○村田政隆

吉野博之

○鉄村光太郎, 毛内也之, 小野雅晴

木村暢夫, 安間洋樹

吉川毅, 新井浩成, 宮崎俊之, 日高青志, 万城目聡

波通隆

1. はじめに

1960年代にアメリカで開発された XBT は、現在の海洋観測に必要な不可欠な計測機器だが、時代とともに深海や高速船への対応、センサの高精度化と多様化が求められてきた。今回、函館で研究開発が進む時代のニーズを反映した汎用型デジタル XBT について報告する。

2. 開発経緯

地球環境の長期変動評価や海底調査に用いるソナーの校正には、海水温の鉛直分布状況の測定が非常に重要である。一般的な XBT (eXpendable BathyThermograph: 投げ込み式水温水深計) は、図 1 のように、水温センサを内蔵した「プローブ」、伝送用の銅線を内蔵した筒状の「キャニスタ」、キャニスタの固定及びデータ収集用の「ランチャ」からなり、信号処理装置から PC を経てデータを収集する。そして、航行中の船舶からプローブを投下し、着水時刻からの経過時間を計算によって変換した水深と、海水温の測定データから鉛直分布を求める使いきりタイプの測定機器である。

XBT は海洋観測に重要なアイテムであるが、時間-水深変換の校正検証に手間を要する等の課題があり、さらに近年では測定精度の向上と保証、水深 1,000m 以深への対応、20 ノット (37.0km/h) 航行の高速船からの利用、調査時間の短縮等、様々な要求が顕在化している。

本研究開発では、図 2 に示す産学官の連携体制によって函館地域の独自技術を最大限活用し、従来の XBT に比べて圧倒的な測定精度と、水深 1,000m 以上への対応、20 ノット船舶から投下を可能にしたデジタル XBT の試作検証を行った。

3. 研究開発内容

3.1 目的

本研究開発では、水深と水温の詳細な対比データを得るため、超小型の水圧センサを独自開発すると共に、水深・水温データをプローブ内部でデジタル化し、通信線に光ファイバを採用して通信経路の信頼性向上を図った。また、海中で落下するプローブの落下姿勢と落下速度を流体シミュレーションから最適化させ、高速船からの海洋計測を実現した。

3.2 要素技術開発

技術開発は水圧センサ・光ファイバの物性と巻き線技術、プローブの形状設計、投下ランチャ設計の 4 つに大別される。

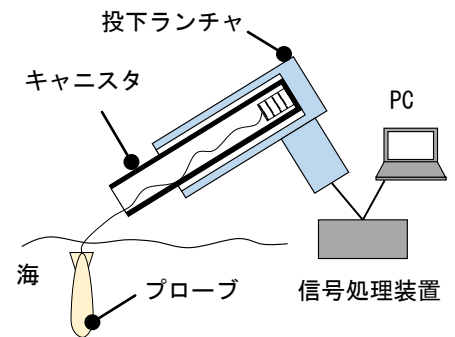
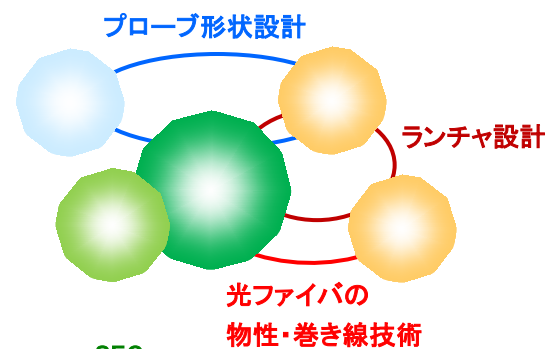


図 1 XBT の基本構成



-SEC-

・センサ / 電子回路

・加圧試験 / 洋上試験等

図 2 本研究開発の連携体制

水圧レンジ(最大)	0~50MPa
供給電圧	DC 6~16V
稼働温度	-5~50°C
デジタル出力(選択)	I2C/SPI/UART
精度	0~1%
基板寸法	18×12.5 mm

図 3 超小型水圧センサ (SEC)

1) 試作デジタル XBT の水深計測に使う水圧センサは、エスイーシーが開発した海洋ブイ用の水圧センサをベースに開発した、感圧部分離型の超小型水圧センサ (図 3) である。検出範囲は 0Pa~50MPa と非常に広く、高弾性耐圧樹脂との組み合わせにより水深 1,000m 以上の海水圧測定を実現した。

2) デジタル XBT の信号線は、3km 以上の光ファイバを 10m/秒以上 (船のダッシュ速度) で送り出しながら高速データ通信を行う必要がある。本研究では近年開発された高屈曲型光ファイバに着目し、道総研にて引張強度試験や線材の繰出試験を行った。その結果、光ファイバの破断強度は 60N 以上と XBT で使われる銅線の約 14 倍の強度があり、振り試験や曲げ試験でも正しく設計した巻取りポビンは 0.02~0.22dB 程度の信号減衰に抑えられることを確認した。(図 4)

3) 海中を落下するプローブは、その形状が速度と姿勢に大きく影響する。本研究では、北大院水の流体解析技術を用い、プローブが 5m/秒で安定落下するように形状最適化 (図 5) を行い、模型による試作・検証を行った。

4) 投下ランチャは、安全で操作性・視認性が良く、単体で簡単に作業できることが要求される。道総研が基本デザイン (図 6) を担当し、エスイーシーがランチャに組み込む電子回路の設計を行った。

3.3 ラピッドプロトタイピング (図 7, 8, 9)

工業技術センターは、プローブやランチャなど各種部品の 3DCAD 化と技術指導、光造形によるモデリング化を担当した。

特筆すべきは、北大院水の流体シミュレーション結果からエスイーシーが基本形状設計を行い、工業技術センターが金型での量産を見据えた分割形状の検証、CAD デバッグ、モデル試作までの工程を極めて短時間かつ円滑に行えたことである。特にエスイーシーと工業技術センターの間で同じ 3DCAD 環境を整えたことにより、北大院水、エスイーシー、工業センターそれぞれの間で再検証・再試作の戻り工数を大幅に削減し、ラピッドプロトタイピングを実践することができた。

この経験はランチャの形状設計にも大きく役立ち、道総研のデザイン情報を元に、使用部品の実寸法推定、形状最適化が容易であった。また、光ファイバを巻き取るポビン形状についても、エスイーシーと道総研の実験結果を元に、ケーブル送出に最適な形状の設計と検証を行うことが出来た。

4 おわりに

本成果は、上ノ国海域での洋上評価試験の結果、プローブ着水後 3 分未満で水深 1,000m に到達し、鉛直プロファイリングの取得に成功した。現在は、電気伝導度も測定可能なデジタル XCTD への展開を行っている他、(独)海洋研究開発機構 (JAMSTEC) や(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 等を中心とした国内市場および海洋関連の海外市場の獲得に向け、精度保証等を含めた製品化を進めている。

単位: N

許容曲げ半径	15mm		15mm		30mm
直径	0.9mm	0.5mm	0.9mm	0.5mm	0.25mm
試験品 No.1	—	62.0	73.0	66.0	65.5
試験品 No.2	72.0	64.0	71.0	66.5	64.8
試験品 No.3	69.0	63.5	71.0	65.0	65.5
平均値	70.5	63.2	71.7	65.8	65.3

図 4 光ファイバの破断強度試験 (道総研)

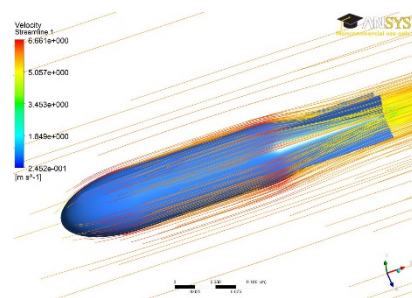


図 5 流体解析例 (北大院水)

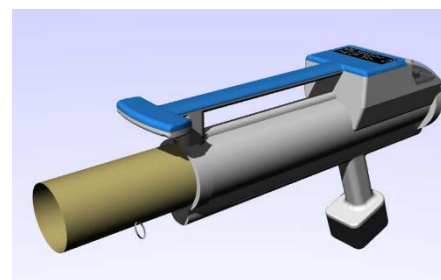


図 6 ランチャのデザイン例 (道総研)



図 7 光造形による試作例 (工技 C)

プローブ側 1,000m キャニスタ側 2,000m



図 8 プローブとキャニスタ (SEC)



図 9 現在最終形 (SEC)
一女性が操作できる軽量さー