

計測テレメーターの基礎特性に関する検討

梅 田 孝 男* ・ 山 田 健 治** ・ 田 知 清 夫**

Research on Basic Characteristics of the Telemetering

Takao Umeda, Takeharu Yamada and Kiyoo Tachi

Research data on applications of telemeter-system is insufficient, and there still remains a wide unexplored domain. The present research aims at obtaining more fundamental knowledge.

This time, this thesis discusses various problems regarding the design of sampling telemeter-system and the results of its trial production.

1. 緒言

現在、危険を伴うような作業には、作業ロボット等を用いて予想される危険を回避している。しかしながら一方では、小資材の運搬、建造物のメンテナンス、遺跡調査、或いは各種試料のサンプリング等危険を伴うような作業が、今なお人間によって直接行われている場合も多い。それらの作業においても、今後遠隔操作による作業ロボットの活用が期待されている。

本研究は、水質調査に視点をおき、水のサンプリング装置による採水と同時に各種センサから出力されるアナログデータを、ケーブルレス・リアルタイムでパソコンや記録計に直接取り入れるシステムについて、遠隔操作で作動する実験用水質調査船（以下、実験船という）を試作して実験を行った。

今回は、一例として温度センサを用いた水温測定の場合について、テレメーターシステムの製作、及び付随するプログラミングを行った。また、同時にサンプリング（河川水）装置を実験船へ搭載し、それらの装置をすべて遠隔操作により制御できるように組立構成した後、そのテレメーターシステムの基礎性能を調べ、本システムの実用性と計測値誤差について検討を加えた。

2. 実験船とテレメーターシステムの試作

2.1 実験船

図1は、実験対象である水質調査用に試作した実験船である。この実験船は、テレメーターシステム等の機器を搭載するために、重量、バランス、メンテナンス性を考慮して全長1,120 mm、全幅680 mm、（片側220 mm）の双胴船とした。

* 応用理化学科 ** 機械工学科

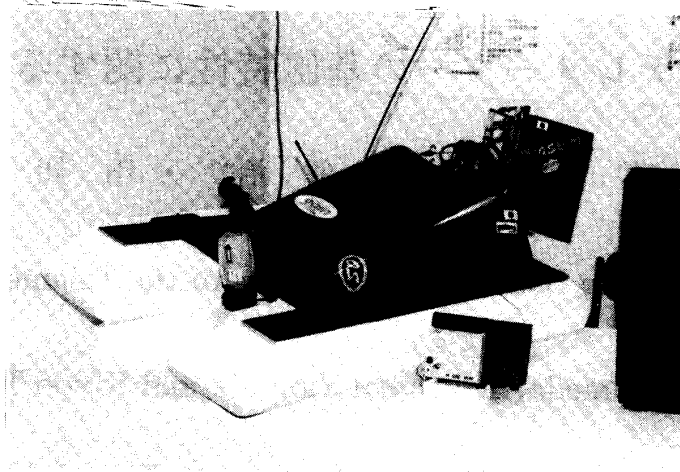
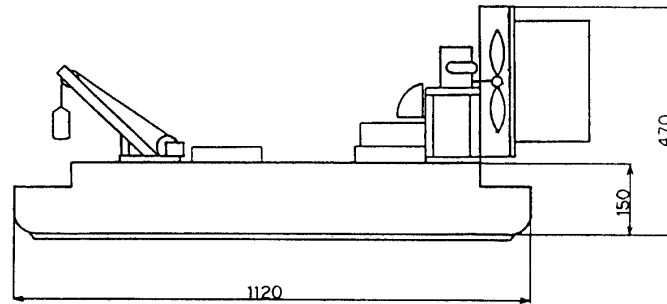
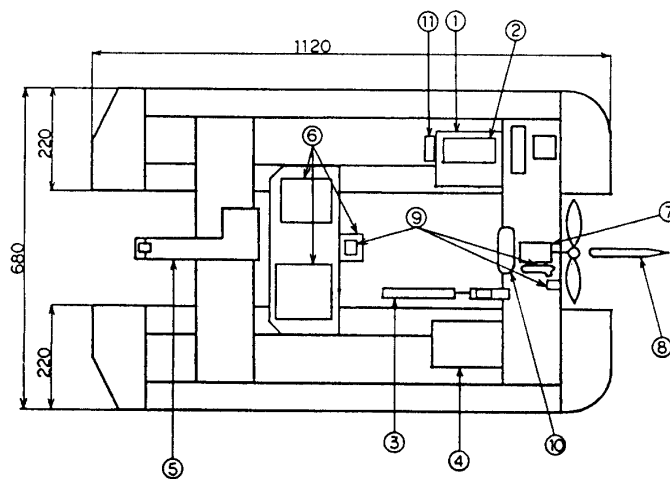


図 1 水質調査船全体像



(a) 側 面 図



(b) 平 面 図

図 2 水質調査船概略図

実験船の製作に当たっては、ラダー、プロペラが水中に装置されている場合、水中の障害物（藻や魚網等）に影響されやすいことから、プロペラ及びラダーを船上に設置し、走行上の事故防止と安全を確保した。

図2は、水質調査船の概略図であり、表1にその主な備品を示す。

表1 水質調査船の主な部品名・装置

品番号	部 品 名	個数
1	テレメータシステム	1
2	テレメータ送信機	1
3	温度センサ	1
4	温度計測器	1
5	電動ウインチ	1
6	電動ウインチ制御回路	3
7	2サイクルエンジン	1
8	ラダー	1
9	サーボモータ	4
10	燃料タンク	1
11	バッテリー	1

2.2 テレメータシステムの概要

図3は、本実験で用いたテレメータシステムの概略を示す。

本システムは、各種センサから出力されたアナログ信号を、ケーブルレス・リアルタイムでパソコンや記録計に取入れるものである。すなわち送信機側においては、センサから出力された0～4Vのアナログ信号を1～5チャンネルに入力した後、12ビットのA/D変換器により、デジタル化し2400Bpsのシリアルデータに変換、以後MSK変調し送信出力10mWのFM電波にて送信するものである。FM波は受信機にて復調後、RS232Cを介してデジタルデータとして、または、D/A変換後アナログデータとして出力される。今回はD/A変換後アナログデータとしてコンピュータや記録計に取入れたものである。

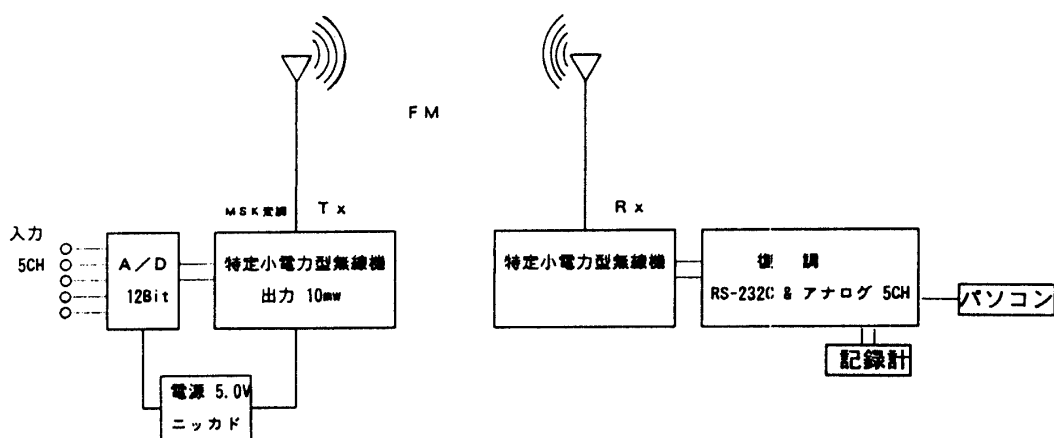


図3 テレメータシステム

本実験では、温度センサからの出力電圧が、測定温度0.1℃で1 mVと微少な値であることから、システムの汎用性を考慮し、1チャンネルの出力電圧を4倍に、また2チャンネルの出力電圧を2倍になるよう送信機入力部にて増幅した。その結果、温度センサから得られたデータを1チャンネルに出力されるように接続した場合の出力電圧は、測定温度0.1℃で4 mVとなり、最大出力電圧は100℃で4 Vの出力が可能となった。

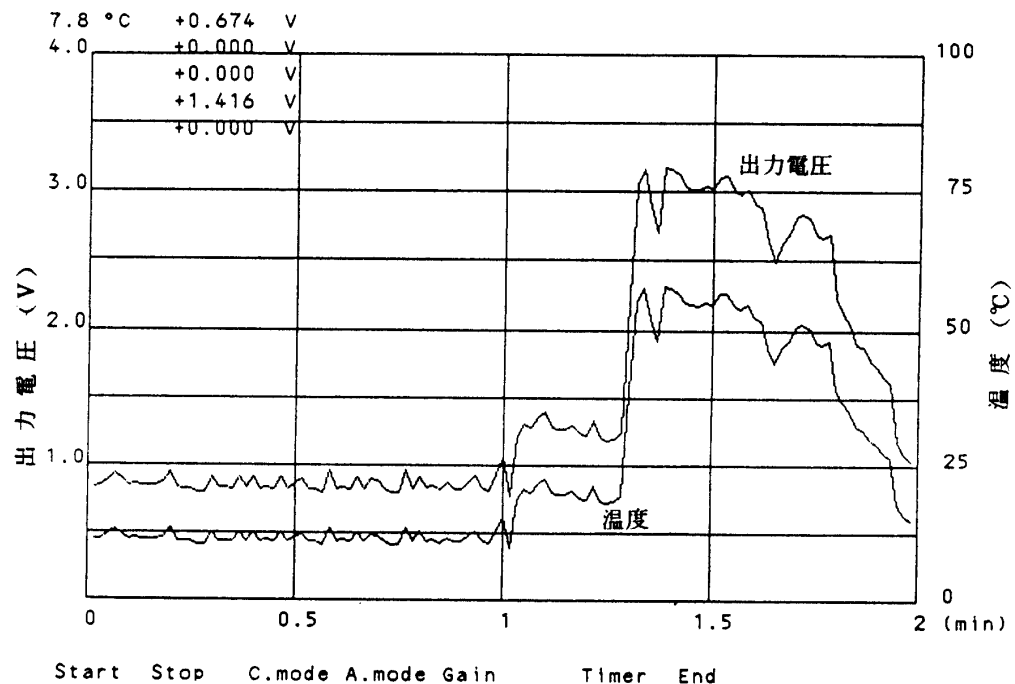


図 4 計測データの一例

図4は、温度センサから得られたデータをテレメーターにて送信後、コンピュータのディスプレイに出力した一例である。この表示はキーボード上のF7キー（END）を押すまで繰り返される。

3. テレメーターシステムの精度実験

3.1 テレメーターシステムのチャンネル別精度実験

本実験の目的の一つは、テレメーターシステムを使用して採取データを送信した場合に、そのデータがどの程度の精度で得られるかを実験的に確認することである。

実験方法は、直流安定化電源装置を用いて入力電圧 V_i を一定に保ち、この時にテレメーターシステムが示す出力電圧を、倍率の異なるチャンネル別に求める方法で行った。

出力電圧には微量のブレがあったため、このブレを記録計より読み取り、平均値を取ったもの

を試料の読み取り値とし、この平均値を平均出力電圧 V_o とした。

実験はテレメータシステムの有効半径（約 200 m）内で行い、また、諸要因による減衰力は無視し、補正は行わないこととする。

3.2 テレメータシステムの温度計を用いた場合の精度実験

実験は、センサである温度計のみを使用した場合の温度と、センサが出力する電圧 V_o の関係を調べ、次に、温度計をテレメータシステムに接続した場合の温度とテレメータが出力する電圧 V_o の関係を調べた。

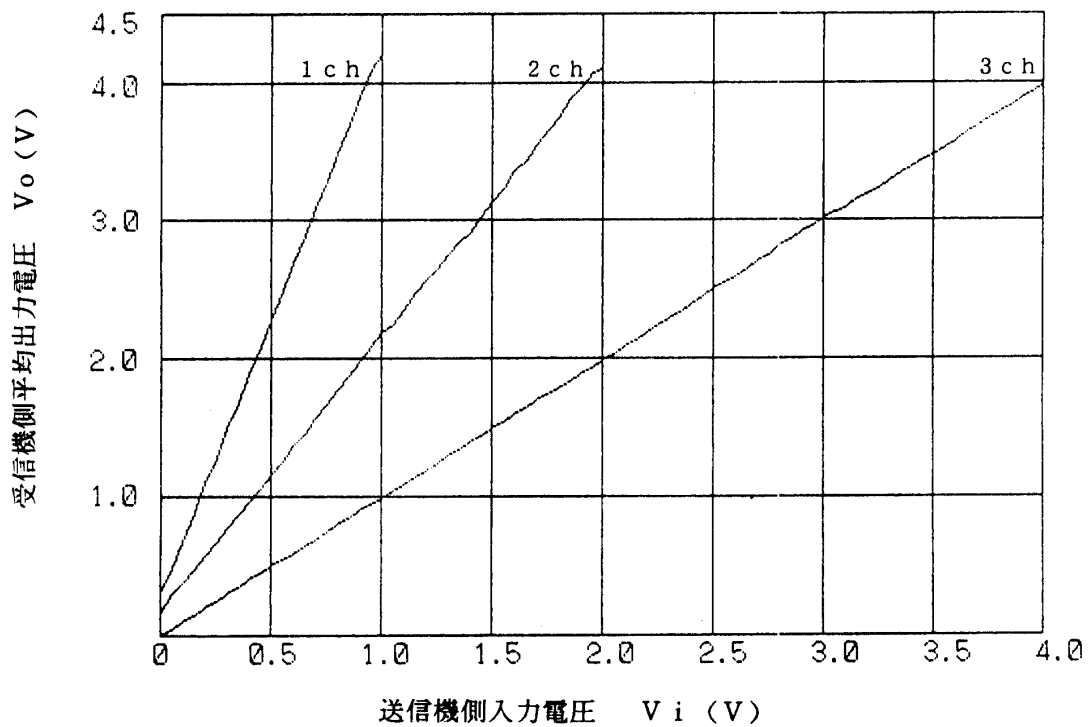
実験はテレメータシステムの有効半径（約 200 m）内で行い、また、この場合も減衰力は無視し、補正は行わないこととする。

4. 実験結果と考察

4.1 チャンネル別精度の実験結果

図 5 は、チャンネル別精度の実験結果である。

本実験結果より、送信機の第一チャンネルを使用した場合、入力電圧 $V_i = 0$ V に対し、平均出力電圧 V_o は 0.294 V であり、また $V_i = 1.0$ V の時は $V_o = 4.2$ V であった。



$$V_a = \frac{(V_{o1} - V_{i1}) + \dots + (V_{on} - V_{in})}{n}$$

(n : データ数)

図 5 チャンネル別精度比較

第二チャンネルを使用した場合には、 $V_i = 0\text{ V}$ の時は、 $V_o = 0.161\text{ V}$ であり、また $V_i = 2.0\text{ V}$ の時は、 $V_o = 4.10\text{ V}$ であった。

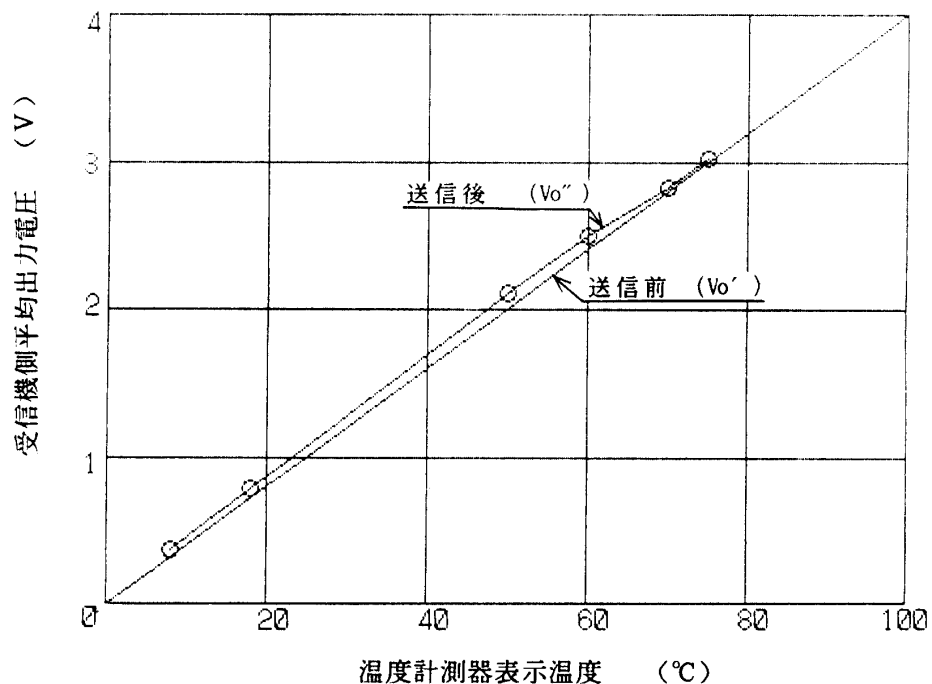
第一および第二チャンネルの V_i と V_o の差は、送信機入力部に増設したオペアンプ（ $\times 4$ 、 $\times 2$ ）によるオフセット電圧によるものと考えられる。

V_i と V_o の差の電圧を平均したものを V_a とすると、第一チャンネルの場合、 V_a は $+0.285\text{ V}$ となり、これを V_o より差し引いた時の精度は $\pm 0.5\%$ であり、第二チャンネルの場合、 V_a は $+0.158\text{ V}$ となり、その精度は、 $\pm 1.3\%$ である。また、第三チャンネルの場合、 V_a は、 -0.015 V となり、精度は $\pm 0.4\%$ の精度であった。

V_i と V_o の差の V_a はプログラム上にて補正することにより、ほぼ正確な数値が、リアルタイムで得られるものと考え実験を行った。

4.2 温度計を用いた場合の実験結果

図6は、温度計をテレメーターに接続した場合における、送信前後の精度を比較したものであり、テレメーターシステム送信前後の平均出力電圧と温度の関係を示したものである。



$$V_a' = \frac{(V_o''1 - V_o'1) + \dots + (V_o''n - V_o'n)}{n}$$

図6 温度計測器によるテレメーター送信前後の精度比較

精度を比較するに当たり、送信後の出力電圧 V_o'' を基準とした。また、1チャンネルでは送信機内でオペアンプにより、出力電圧は4倍に増幅されているため送信前の出力電圧 V_o' は実数値を数学的に4倍した値を用いることにした。本実験の結果より、 V_a' は $+0.041\text{ V}$ となり、その精度は $\pm 1.4\%$ であった。

図7に、第一チャンネルを用いた場合の、測定温度とテレメータシステムによる送信前後の平均電圧の関係、および、本テレメータシステムの基礎特性を示す。

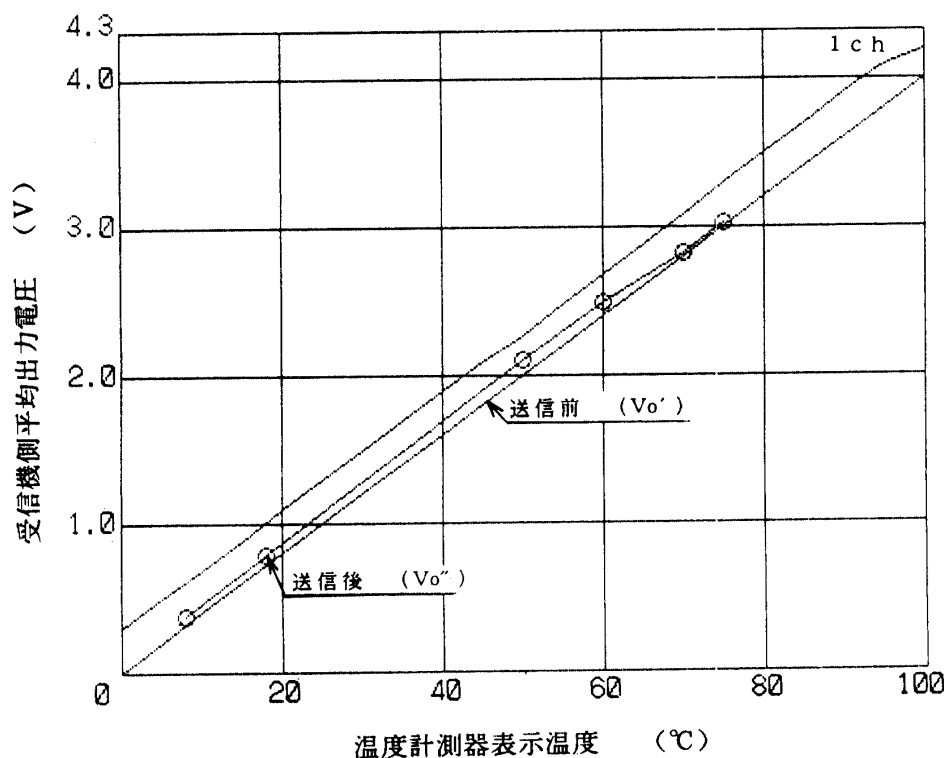


図7 温度計測における本システムの基礎特性

5. 結言

本研究の結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 本実験の結果、試作したテレメータシステムの精度(温度センサ使用時)は、約 $\pm 1.4\%$ の誤差範囲で測定を可能とする事ができた。
- (2) 本研究では、水質データの一つとして、水温測定の温度センサについてのみ実験を行ったが、今後は各種センサ (pH、 O_2 、濁度、塩分濃度等) についても実験を行い、測定地点を含めた詳細な水質データの収集を行う予定である。
- (3) 温度センサからの出力がD/A変換後の信号であるため、デジタル特有の同期信号をピックアップするなどデータの読み取りに多少の困難を生じることがあった。このことから、今後の課題としてセンサ出力部における対策を講ずる必要がある。

最後に本実験にあたり、マイクロコム(株)、ユウピット電子(有)および平成8年度本学卒業生の今泉達洋君、大柳英之君、木水勝次君の協力に感謝の意を表す。 (平成9年12月4日受理)