



Title	試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度について
Author(s)	三浦, 汀介; MIURA, Teisuke; 清水, 晋 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 44(1), 15-23
Issue Date	1993-02
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/24105">https://hdl.handle.net/2115/24105</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	44(1)_P15-23.pdf



### 試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度

三浦 汀介・清水 晋\*・松島 寛治\*\*・大越 金蔵\*\*  
和泉 祐司\*\*\*・中山 豊光\*\*\*\*

### The Accuracy of the Warp Length and Tension Measurement System Built as a Trial

Teisuke MIURA\*, Susumu SHIMIZU\*, Kanji MATUSHIMA\*\*,  
Kinzo OKOSHI\*\*, Yuji IZUMI\*\*\*  
and Toyomitu NAKAYAMA\*\*\*\*

#### Abstract

In order to obtain more knowledge about the control of a midwater trawl system, a warp length and tension measurement system was built as a trial. This system was tested on the sampling trawl experiment to clarify the accuracy of the measurements.

Field tests in the sea showed that the accuracy of warp length measurements was  $\pm 0.8$  m (under 600 m), and the accuracy of warp tension measurements was  $\pm 14$  kg (under 1,000 kg).

The new measurement system, notwithstanding some problems, showed that it would be useful and profitable to study the control of a midwater trawl system.

#### 結 言

中層トロール漁法では、漁獲対象とする魚群の遊泳水深によって漁具を垂直移動しなければならない場合が多い。網深さを制御する方法として、プロペラピッチやワープ長を個々に、又はそれらを同時に操作することで目的を達することができる。従って、ワープ長の測定は、漁具の深さ設定に必要な要因のひとつとして重要である。以前著者らが行った実験例では<sup>1-3)</sup>、ワープ長に関して網深さのゲイン係数は0.35となり、沈めようとする網深さの2.9倍のワープ長を繰り出す必要があることが分かっている。そこで、より正確にワープ長の測定ができれば、設定すべき漁具の深さもまた、より正確に定めることができることになる。

ワープ張力は、プロペラピッチによって曳網馬力を変化させた場合、結果的に決る状態量である。そして同一の漁具を曳網している時プロペラピッチとワープ張力の間には一定の応答関係が存在するので、その測定は、漁具が正常に作動しているかどうかを考えるうえで重要である。こ

---

\* 北海道大学水産学部漁具漁法学講座  
(*Laboratory of Operation Technology of Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

\*\* 北海道大学水産学部研究船うしお丸  
(*Research Vessel "USHIO MARU", Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

\*\*\* 宮城県水産試験場  
(*Miyagi Prefectural Fisheries Experimental Station*)

\*\*\*\* 泰東製網株式会社  
(*Taito Seiko co. LTD*)

れを監視することで、具体的には、漁具の左右のバランスのくずれ、障害物による絡まりや荒天時のピッチングによる過大な張力負荷などを発見し、それらに対して適切な対処が可能となる。従って、これら状態量を正確に把握することが漁具を制御する上で重要である<sup>4-5)</sup>。

この度、ワープ長・張力計測システムを泰東製綱株式会社と協同で試作し、これを北海道大学水産学部調査船うしお丸に装着することになった。本報告では、実際の操業と同一条件下で実物大の漁具を使ったフィールド試験を行い、試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度について調べ、漁業用測定器としての概ね満足できる結果が得られたので、ここに報告する。

### 装置の概要

本システムは、3点ローラーによる張力検出方式が採用されているので、トロール操業時において、ワープ長、繰り出し速度及び巻き揚げ速度、ワープ張力を自動的に測定する機能をもっている。ワープ長の測定はトップローラーのローラーの回転数と、ワープの繰り出し、巻き上げ長さが比例することを応用し、ローラーの回転をマイクロリードスイッチによって読み取ることで行われる。繰り出し速度及び巻き上げ速度も同時に表示される。

さらに、本装置は、ワープに掛かる全張力を連続的に測定できるように、トップローラーのローラーの軸には張力検出用トランスデューサとして共和電業(株)製ピン型ロードセル(LTP-2TSA13)を用いている。

また、トップローラー本体の自重は95 kg/1台で、機械的破壊に対する耐力が6トンである。全

体のシステム構成は、Fig. 1に示すトップローラーが左舷、右舷に各1台、研究室にはFig. 2に示すプログラマブル・コントローラーが1台、増幅器が1台、指示器が1台、ウインチ操作室には表示設定器が1台、ブリッジには指示計が1台という組合せからなるものである。全体の構成図をFig. 3に示す。

研究室内のプログラマブル・コントローラーはトップローラーのローラーの回転方向、ワープ長、ワープ速度、投揚網警報長などを自動的に検出し、表示装置ならびに警報装置に信号を送る。ワープ張力の測定能力は最大2,000 kgで表示器の最小目盛りは50 kgとなっている。また、ウインチ操作室にある表示設定器からは、ローラーの周長や投揚網長の設定ができるようになっている。操業を繰り返すうちに、ローラーの径が摩耗することによって変化しても校正することができ、ワープ長の測定能力は最大9,999 mで表示器の最小目盛りは1 mとなっている。また、ワープ速度はそれぞれ最大120 cm/secまで計れることになっている。

研究室の計装用増幅器から記録計へ出力信号を取り出すことができ、ワープ長は0

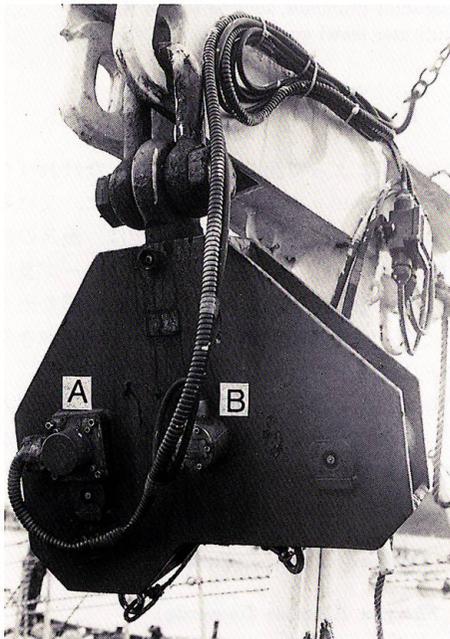


Fig. 1. Top roller built as a trial.  
A: Length sensing unit,  
B: Tension sensing unit.



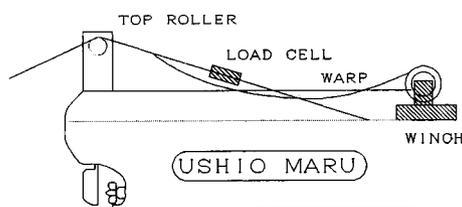


Fig. 4. Arrangement of load cells for the measurement of warp-tension.

ドセルからの信号ケーブルは船内の研究室まで延ばして動歪計に接続し、それから得られる測定値は真の値を示しているものと仮定して、トップローラーの張力指示計の値と同時にこれをデジタル電圧計で読み取り記録した。

ワープに働く張力を変えるために、プロペラピッチを 3° から 10° の間で 1° ずつ変化させることで曳網速度を変えた。

一方、ワープ長計の精度を調べるためには、比較のための基準となる正確な長さを知る目的で、予め岸壁を利用して両舷のワープをトロールウインチから延ばし、ワープに適度の張力をかけた状態で光波距離計（東京光学機械株式会社製 DM-C3）によって 0 m ~ 600 m までを 100 m 間隔で測定し、ワープに真の長さを示すマークをつけた。洋上でのワープ長計測の実験では、条件としてワープ張力を 750 ~ 800 kg の間（曳網速度は約 5 ノット）に保つようにプロペラピッチを操作しながら、ワープ長を 100 m 毎のマークを基準に 100 m から 600 m まで 6 段階で設定し、そのときのトップローラーの指示器の値を読み取り記録した。

### 試験結果

ワープ張力試験結果として、ロードセルからの出力を  $Y_i$ 、ワープ張力計指示値を  $X_i$  として、それらの関係から求まる直線回帰式の  $Y_i$  の推定値を  $Y_i^*$  と表すことにし、残差  $Y_i - Y_i^*$  ならびにワープ張力指示値とロードセル指示値の差  $Y_i - X_i$  についてまとめて表に示した。左舷の計測結果については Table 1 に、右舷については Table 2 に示す。また、 $X_i$  と  $Y_i$  の関係ならびに直線回帰式について、それぞれ左舷は Fig. 5、右舷は Fig. 6 に示す。

直線回帰式は左舷で

$$Y_i^* = 22.1 + 0.937 X_i \quad (1)$$

と求まり相関係数は  $r = 0.999$  である。

右舷で

$$Y_i^* = 36.4 + 1.02 X_i \quad (2)$$

と求まり相関係数は  $r = 0.999$  となった。両舷ともにワープ張力指示値とロードセルからの指示値の差  $Y_i - X_i$  が負荷の増加につれて大きくなる傾向を示している。

一方、ワープ長計測結果については、ワープのマーキングの値を  $X_i$ 、ワープ長指示計からの出力を  $Y_i$ 、それらの関係から求まる直線回帰式における  $Y_i$  の推定値を  $Y_i^*$  ならびに残差  $Y_i - Y_i^*$ 、それからワープ長指示計の値とワープのマーキングの差を  $Y_i - X_i$  として表わし、それらをまとめて表に示した。左舷の計測結果については Table 3 に、右舷のそれを Table 4 に示す。また、 $X_i$  と  $Y_i$  の関係ならびに直線回帰式について、それぞれ左舷は Fig. 7、右舷は Fig. 8 に示す。

Table 1. Residuals and differences in the measurement of port warp-tension meter

No.	Independent $X_i$ (kg)	Observed $Y_i$ (kg)	Predicted $Y_i^*$ (kg)	Residual $Y_i - Y_i^*$ (kg)	Difference $Y_i - Y_i$ (kg)
1	939	908	902	6	-31
2	980	939	940	-1	-41
3	818	794	788	6	-24
4	887	843	853	-10	-44
5	774	751	747	4	-23
6	661	641	641	0	-20
7	619	895	883	12	-24
8	752	732	726	6	-20
9	713	678	690	-12	-35
10	693	664	671	-7	-29
11	611	548	594	-10	-27
12	568	547	554	-7	-21
13	541	535	529	6	-6
14	545	535	533	2	-10
15	518	501	507	-6	-17
16	510	499	500	-1	-11
17	446	444	440	4	-2
18	484	467	475	-8	-17
19	406	399	402	-3	-7
20	426	420	421	-1	-6
21	383	385	381	4	2
22	369	377	368	9	8
23	357	357	356	1	0
24	320	320	322	-2	0
25	328	333	329	4	5
26	291	295	295	0	4
27	278	289	282	7	11
28	236	247	243	4	11
29	234	241	241	0	7
30	214	217	223	-6	3

Regression line:  $Y_i^* = 22.1 + 0.937X_i$ , Correlation coefficient:  $r = 0.999$ .

直線回帰式は左舷で

$$Y_i^* = 0.389 + 0.997X_i \quad (3)$$

と求まり相関係数は  $r = 0.999$  である。

右舷で

$$Y_i^* = 0.323 + 1.00X_i \quad (4)$$

と求まり相関係数は  $r = 0.999$  となった。両舷ともにワープ長指示値とワープのマーキングの差

Table 2. Residuals and differences in the measurement of starboard warp-tension meter

No.	Independent $X_t$ (kg)	Observed $Y_t$ (kg)	Predicted $Y_t^*$ (kg)	Residual $Y_t - Y_t^*$ (kg)	Difference $Y_t - Y_t$ (kg)
1	870	923	926	- 3	53
2	885	934	941	- 7	49
3	821	893	876	17	72
4	898	936	954	-15	41
5	738	793	791	3	55
6	745	807	798	9	62
7	654	694	705	-11	40
8	625	682	676	6	56
9	613	663	663	0	50
10	585	642	634	8	57
11	535	583	583	0	48
12	494	548	541	7	54
13	476	521	523	- 2	45
14	454	497	500	- 3	43
15	426	468	472	- 4	42
16	367	425	412	13	58
17	377	419	422	- 3	42
18	334	372	378	- 6	38
19	301	340	344	- 4	39
20	289	329	332	- 3	40
21	266	308	308	0	42
22	321	359	365	- 6	38
23	281	329	324	5	48
24	258	299	300	- 1	41
25	235	274	277	- 3	39
26	228	269	269	0	41
27	226	267	267	0	41
28	216	264	257	7	48
29	201	240	242	- 2	39
30	202	241	243	- 2	39

Regression line:  $Y_t^* = 36.4 + 1.02X_t$ , Correlation coefficient:  $r = 0.999$ .

$Y_t - X_t$  がワープの延長につれて大きくなる傾向を示した。

### 考 察

**精度の考え方** 一般に、精度というのは、計測器の表す値または測定結果の正確さ、精密さを含めたもの、またはそのいずれかのことである。ここで、正確さというのはかたよりの小さい程度をいい、精密さというのはバラツキの小さい程度をいう。従って、正確さは、真値からの測定値の母平均のずれということになる。また、精密さは測定器がどのような分布の母集団を構成す

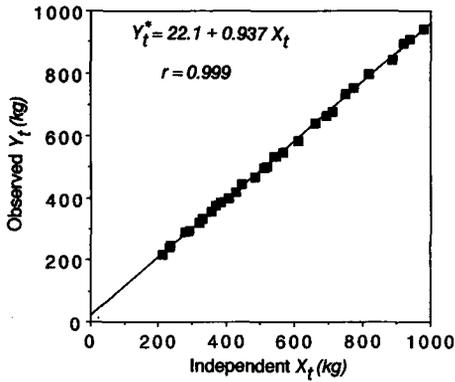


Fig. 5. Relation between the output of load cell (Independent  $X_t$ ) and the indicated value (Observed  $Y_t$ ) on the measurement of the port warp-tension meter.

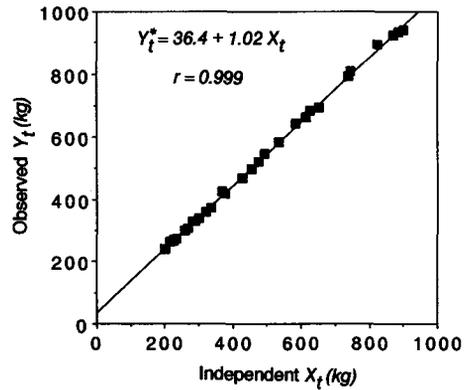


Fig. 6. Relation between the output of load cell (Independent  $X_t$ ) and the indicated value (Observed  $Y_t$ ) on the measurement of the starboard warp-tension meter.

Table 3. Residuals and differences in the measurement of port warp-length meter

No.	Independent $X_1$ (m)	Observed $Y_1$ (m)	Predicted $Y_1^*$ (m)	Residual $Y_1 - Y_1^*$ (m)	Difference $Y_1 - Y_1$ (m)
1	0	0	0	0	0
2	98	98	98	0	0
3	197	197	197	0	0
4	297	297	296	1	0
5	397	396	396	0	-1
6	499	498	498	0	-1
7	600	598	598	0	-2

Regression line :  $Y_1^* = 0.389 + 0.997 X_1$ , Correlation coefficient :  $r = 0.999$ .

Table 4. Residuals and differences in the measurement of starboard warp-length meter

No.	Independent $X_1$ (m)	Observed $Y_1$ (m)	Predicted $Y_1^*$ (m)	Residual $Y_1 - Y_1^*$ (m)	Difference $Y_1 - Y_1$ (m)
1	0	0	0	0	0
2	100	101	101	0	1
3	199	201	201	0	2
4	300	302	302	0	2
5	400	403	403	0	3
6	500	503	503	0	3
7	600	604	604	0	4

Regression line :  $Y_1^* = 0.323 + 1.00 X_1$ , Correlation coefficient :  $r = 0.999$ .

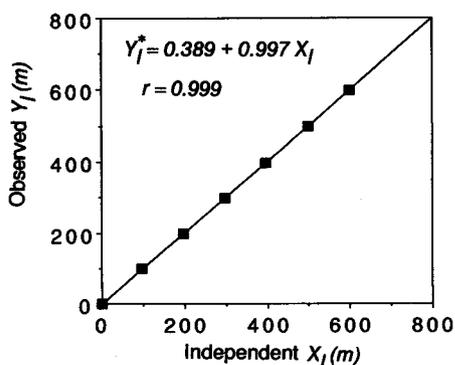


Fig. 7. Relation between the value of marking-length (Independent  $X_i$ ) and the indicated value (Observed  $Y_i$ ) on the measurement of the port warp-length meter.

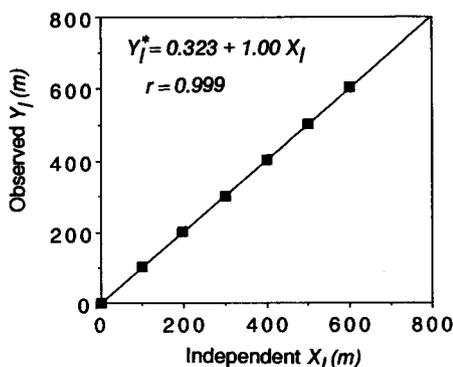


Fig. 8. Relation between the value of marking-length (Independent  $X_i$ ) and the indicated value (Observed  $Y_i$ ) on the measurement of the starboard warp-length meter.

るかによって表し方が異なるが、多くの場合正規分布する母集団を構成するとして、その分布の標準偏差  $\sigma$  の値または  $\sigma$  の指定された倍数値をもって精密度とする<sup>7)</sup>。

本システムの計測精度 推定値  $Y_i^*$  と独立変量  $X_i$  とすると一般に直線回帰式は

$$Y_i^* = a + b X_i \quad (5)$$

と表すことができる。また、ランダムな誤差を  $e$  とすると

$$Y_i - Y_i^* = e \quad (6)$$

$$Y_i = a + b X_i + e \quad (7)$$

となる。ランダムな誤差  $e$  の分散を  $\sigma^2$  とすれば  $Y_i$  は平均  $a + b X_i$  分散  $\sigma^2$  の母集団からとられたサンプルである。

ここで、ワーブ張力指示値とロードセル指示値の差  $Y_i - X_i$  について考える。これは

$$\begin{aligned} Y_i - X_i &= a + b Y_i + e - X_i \\ &= a + (b-1) X_i + e \end{aligned} \quad (8)$$

と表すことができる。従って、 $b \neq 1$  のときは偏差の項が  $X_i$  の増加に伴って変化するが、 $b$  の値が 1 に近い場合には  $X_i$  の影響を無視できるので、単純に  $a$  だけを偏差と考えることができる。この偏差が生じる原因は計測システムの調整が完全でない場合が多い。これを除去する方法にはハード的な方法とソフト的にデータ処理による方法が考えられる。ここでは後者の方法で (8) 式を用いて偏差を取り除けば、結果的に残ったランダムな誤差  $e$  だけを考えれば良いことになる。この段階では精度というと精密度を表すことになるが、一般に測定結果の精度はこれを指す場合が多い<sup>7)</sup>。

具体的にはワーブ張力計の左舷で  $\sigma = 6$  (kg)、右舷の場合で  $\sigma = 7$  (kg)、ワーブ長計の左舷で  $\sigma = 0.4$  (m)、右舷で  $\sigma = 0.3$  (m) となった。従って、ランダムな誤差の範囲を  $\pm 2\sigma$  (95%) とれば、計測器としての精度はワーブ張力計の左右舷ともに  $\pm 14$  kg 以下と考えるとよいことになる。また、ワーブ長計の場合は左右舷ともに  $\pm 0.8$  m 以下に収まるものと考えてよい。今回の計測はワーブ張力に関して、装備の都合からフルスケール 1,000 kg までの計測であったが、本システムの計測

範囲が最大 2,000 kgであることを考えると製作当初の目標である $\pm 50$  kgの精度は概ね満足できる精度であると思われる。また、ワープ長の計測も 600 m までしか計測できなかったので製作当初 1,000 m で $\pm 1$  m の精度を目標としたことを考えると、それを若干上回るかもしれないが、ほぼ、近い精度で測定できるものと考えられる。ワープの張力による伸びについては、使用した 12 mm 径のワイヤーで加重 1,000 kg のときワープ長 600 m で 0.8 m ほどに見積もられる。従って、今回の試験のように負荷が一定の場合は問題がないが、そうでない場合にはワイヤそれ自身の伸びも若干考慮する必要があるものと思われる。さらに、ワイヤ径について言えば、本システムのローラーの設計が 12 mm に合わせて設計されており、他の直径のものを使う場合には使用するワイヤ径毎に校正しなければならない。

一般に、洋上では船体動揺や漁労作業による複雑な要素が加わるので、計測の条件としては陸上の実験室などと比べて精度的にかなり不利になる。今回のような計測は、実操業における計測システムの性能に関する問題点を明らかにし、それを有効に利用することに対して示唆を与えるものである。本研究で得られた成果をもとに計測システムをうまく運用することで、中層トロールの制御に関する研究などでは、特に、効果的な利用ができるものと思われる。

## 謝 辞

終りに、研究を進めるにあたり御助言いただいた元北海道大学水産学部西山作蔵教授ならびに元北星丸船長齋藤昭二博士に心から感謝の意を表す。また、実際の計測試験で協力をいただいた泰東製綱株式会社の今井信幸氏に深く感謝致します。

## 文 献

- 1) 西山作蔵・三浦汀介・中村秀男・清水 晋 (1982). 中層トロール網の静的力学特性. 日本誌 **48**, 1095-1100.
- 2) 西山作蔵・三浦汀介・中村秀男・清水 晋 (1982). 中層トロール網の動特性. 日本誌 **48**, 1100-1105.
- 3) 三浦汀介・清水 晋・西山作蔵 (1990). 中層トロール・システムにおける網とオッターボオードの運動解析. 日本誌 **57**, 57-62.
- 4) 葉室親王 (1959). 漁具測定論. 350 p. 棋書店, 東京.
- 5) 和田光太 (1973). 実用トロール漁法. 234 p. 成山堂書店, 東京.
- 6) 会田俊男編 (1967). ワイヤロープ便覧. 1,026 p. 白亜書房, 東京.
- 7) 福与人八・小林 肇・泊川一之 (1986). 電子計測改定版. p. 306. 実教出版株式会社, 東京.