

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; 清水, 晋; 松島, 寛治; 大越, 金蔵; 和泉, 祐司; 中山, 豊光			
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 44(1), 15-23			
Issue Date	1993-02			
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/24105			
Туре	bulletin (article)			
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 ± 0.8 m (under 600 m), and the accuracy of warp tension measurements was ± 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.

緒言

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、プロベ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^{1~3)}、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) *** 宫城県水産試験場

⁽Miyagi Prefectural Fisheries Experimental Station) **** 泰東製綱株式会社

⁽Taito Seiko co. LTD)

北 大 水 産 彙 報 44(1), 1993.

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^{4~5)}。

この度,ワーブ長・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することができるように、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)製ビン型ロードセル (LTP-2TSA13)を用いている。

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



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

-16 -

三浦ら: 試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度



Fig. 2. Apparatus assemblage in laboratory. A : Programmable controller, B : Display, C : Amplifier.



Fig. 3. Block diagram of measurement and control systems.

~1,000 m をワープ速度は 0~120 cm/sec をそれぞれ DC で 0~5 V で出力し, ワープ張力に関しては 0~2,000 kg を DC で 0~3 V で出力する。

試験方法

測定試験は、調査船うしお丸 (107.85 トン, 400 馬力) によって実際にサンプリング用中層ト ロール網を曳網して行った。供試網は身網全長で 30.6 m の大きさで、オッターボードは空中重量 40 kg、水中重量で 27.6 kg のものを用いた。

ワープに働く張力を定格容量 1,000 kg のロードセル (新興通信工業製 LT1011-1T) 2 台と動歪計 (共和電業製 DPM-220A) を使用して測定した。ロードセルを Fig. 4 に示すように配置し, ワープを 400 m 繰り出した後,一端を後部デッキにシャックルで固定し片方はワープに固定し, ロー



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。

ワーブ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0m~600mまでを100m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750~800kgの間(曳網速度は約5/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100m毎のマークを基準に100mから600m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_t 、ワープ張力計指示値を X_t として、それらの関係から求まる直線回帰式の Y_t の推定値を Y_t *と表すことにし、残差 $Y_t - Y_t$ *ならびに ワープ張力指示値とロードセル指示値の差 $Y_t - X_t$ 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_t と Y_t 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

$$Y_t = 22.1 + 0.937 X_t \tag{1}$$

と求まり相関係数は r=0.999 である。

右舷で

$$Y_t^* = 36.4 + 1.02X_t \tag{2}$$

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 $Y_r - X_r$ 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、ワープ長試験結果については、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。

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	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

三浦ら: 試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度

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

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

直線回帰式は左舷で

$$Y_t^* = 0.389 + 0.997 X_t \tag{3}$$

と求まり相関係数は r=0.999 である。

右舷で

=

$$Y_t = 0.323 + 1.00X_t \tag{4}$$

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

- 19 -

北大水產彙報 44(1), 1993.

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	34 0	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

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

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

 $Y_l - X_l$ 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ッ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.





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

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

三浦ら: 試作されたワープ長・張力計測システムの測定精度

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: $Y_1 = 0.323 + 1.00X_1$, Correlation coefficient: r = 0.999.

北大水產彙報 44(1), 1993.



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 σ の値または σ の指定された倍数値をもって精密度とする^{η}。

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

$$Y_t^* = a + b \ X_t \tag{5}$$

と表すことができる。また、ランダムな誤差をととすると

$$Y_t - Y_t^* = e \tag{6}$$

$$Y_t = a + b \ X_t + e \tag{7}$$

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

ここで、ワープ張力指示値とロードセル指示値の差 $Y_t - X_t$ について考える。これは

$$Y_t - X_t = a + b Y_t + e - X_t$$

= $a + (b-1)X_t + e$ (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_t 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_t 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。"。

具体的にはワープ張力計の左舷で $\sigma=6$ (kg), 右舷の場合で $\sigma=7$ (kg), ワープ長計の左舷で $\sigma=0.4$ (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プ張力計の左右舷ともに ± 14 kg 以下と考えてよいことになる。また, ワープ長計の場合は左右舷ともに ± 0.8 m 以下に収まるものと考えてよい。今回の計測はワープ 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±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、ワーブ長の計測も 600 m までしか計測できなかったので製作当 初 1,000 m で±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 元北星丸船長斎藤昭二博士に心から感謝の意を表する。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

- 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. 日水誌 48, 1095-1100.
- 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. 日水誌 48, 1100-1105.
- 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. 日水誌 57, 57-62.
- 4) 葉室親王 (1959). 漁具測定論. 350 p. 槙書店, 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). ワイヤローブ便覧. 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、