

底曳網着底記録計の開発

本多直人*・松下吉樹*・藤田 薫*

Development of the Bottom-Contact Recorder for Trawl

Naoto HONDA*, Yoshiki MATSUSHITA* and Kaoru FUJITA*

Abstract: Understanding of the bottom contact condition of trawl fishing gear is important to examine proper gear design and trawling methods. It is also valuable to estimate swept area of a bottom trawl in the groundfish resources survey. In this study, the authors developed the Bottom-Contact Recorder, which is simple and low cost. Main body of the Bottom-Contact Recorder is the cylindrical case made of stainless steel (11cm × 30cm) and contains an inclination sensor and a data-logger. The Bottom-Contact Recorder is suspended to the footrope of the trawl gear. When the footrope contacts the bottom, the angle of inclination of the Bottom-Contact Recorder is measured by the inclination sensor and data are recorded to the data-logger every 0.5 seconds for 270 minutes. A series of experiments to check the durability and performance of the Bottom-Contact Recorder were carried out in the tank and in an actual trawl operation. It was confirmed that the Bottom-Contact Recorder was useful in practical trawl fishing.

Keywords: Trawl, Footrope, Bottom-Contact Recorder, Inclination sensor

1. 目 的

底曳網は、適切な曳網方法で操業することにより、網口の下端に取り付けられたグランドロープが海底に接地するように設計されている。グランドロープは、海底に接地することにより、魚を網口に駆集する機能や潜砂している魚を威嚇して漁獲する機能などを有し、底曳網の漁獲性能に大きく影響している。¹⁾このため、グランドロープの離着底状態を把握することは、漁具の設計や操業が適切に行われたかどうかを確認する上で重要である。特に調査漁具については、使用している漁具の仕様や調査方法の妥当性を検討するために、グランドロープの離着底状態を把握する必要がある。

一般にグランドロープの離着底状態は、入網物の組成や、グランドロープの金属部品の海底との摩擦による光沢の変化から推測されている。しかし、離着底を繰り返すようなグランドロープの動きを推測することはできない。底曳網のヘッドロープ中央部に、ネットレコーダー（超音波を利用して網高さを計測）を取り付けて、グランドロープの離着底状態を推測することができる。²⁾しかし、ネットレコーダーの記録からはグランドロープが着底していると推測されたにもか

わらず、同時に行った水中カメラによる観察では離着底状態が確認された例もある（藤田ら、未発表）。これは、ネットレコーダーではグランドロープの正確な離着底状態を判別できないためである。回転式の走行距離計を用いて、調査用の桁網の着底距離の推測を行った例がある。^{3,4)}しかし、この距離計を底曳網のように柔軟な漁具に装着することは難しい。また、可動部品が外部に露出しているため、曳網時の衝撃や砂噛みの影響により機械的な動作不良を起こす可能性がある。この他、水中カメラで直接漁具を観察する方法は、⁵⁾濁りや光の減衰により観察できる範囲が制限される。また、観察のために照明光を用いると光が生物の行動に影響を与えて、漁獲物組成が変わってしまう可能性がある。このように、グランドロープの着底状態を確認することは容易でない。また、底魚類の資源調査における面積 - 密度法では、投網後にネットレコーダーで着底を確認してから、揚網時に離着底するまで常に着底していると仮定し、その距離を曳網距離として漁具の掃過面積を算出する。²⁾しかし、海底の起伏や曳網速力の変化によりグランドロープが離着底を繰り返すような場合には、掃過面積を過大推定することになる。したがって、正確な掃過面積の算出には、曳網中のグランドロープの離着底状

態を正確に把握する必要がある。

近年、ノルウェーのSimrad社は、トロール網モニターシステム(PI32, <http://www.simrad.com>)の一部として、グランドロープに垂下した錘を繋ぐワイヤーの張力変化から、漁具の離着底を判別する測定器を販売している。しかし、これは中・大型のトロール網を対象に開発され、高価なため我が国では普及に至っていない。また、米国のNational Marine Fisheries Service (NMFS) はグランドロープに取り付けて漁具の離着底を監視する着底センサ(Bottom-Contact Sensor)を独自に開発し、底魚類の資源調査に用いている。⁶⁾しかし、この測定器は市販品でないため入手が困難である。

そこで本研究では、漁具の離着底を計測して記録する、安価で単純な構造の測定器を提案する。そして、この測定器の開発における第一段階として試作器を製作し、その性能を水槽実験および実操業実験で評価した。

2. 方法

2.1 着底記録計の構成

漁具の離着底を計測する測定器を開発するにあたっては、特に以下の3点に留意した。

- ・ 成果の普及を考慮し、安価な市販品を用いた単純な構造であること。
- ・ 持ち運びや漁具への装着が容易で、小型船でも取り扱いやすいこと。
- ・ 海底との摩擦や水圧、投揚網時に受ける衝撃に耐える頑強な構造であること。

そこで、以下の方法でグランドロープの離着底を判別する測定器を試作した。まず、図1に示したように底曳網のグランドロープに測定器を吊り下げる。グランドロープが着底すると、吊り下げた測定器もほぼ同時に着底して、曳網によるグランドロープの前進によって測定器が傾く。この傾きを一定の間隔で経時的に記録して、グランドロープの離着底状態を判別する。この仕組みは、前述のNMFSが開発したBottom-Contact Sensorの離着底判別の方法と同様である。

試作した測定器(以後、着底記録計とする)は、円筒形のステンレス製容器(110mm × 300mm, 壁の厚さ3mm)内に小型の傾斜角センサ(緑測器社製UV-00H, 30mm × 30mm × 40mm)と電圧記録データロガー(Onset Computer社

製HOB08, 18mm × 44mm × 57mm)を内蔵した(図2)。着底記録計の空中重量は4.6kg, 水中重量は1.1kgとなった。図1と図2に示したように、着底記録計は円筒形の本体を上端部のみグランドロープに固定して吊り下げる。こうすることにより傾斜角センサは、グランドロープを軸として着底記録計本体の鉛直線からの傾斜角を計測できる。

筐体に用いた容器はステンレス製の筒の両端を樹脂製の蓋で覆い、Oリングにより水密を保った。耐水圧は10気圧である。傾斜角センサはホールICを用いた無接触型センサで、既定軸における計測範囲角は鉛直方向から $\pm 60^\circ$, 測定感度角は0.2以下である。実際の曳網では、離底時においても水流の抵抗により本装置が若干傾くと考えた。そこで、予め筐体内部で傾斜角センサを鉛直方向から後方に 85° 傾けて固定した。これにより、本装置の傾斜角の計測範囲を鉛直方向から $25 \sim 145^\circ$ とした。傾斜角センサ(規定印加電圧: DC 5 ± 0.5 V)の電源として、単三アルカリ電池3個を直列接続して用いた。傾斜角センサの出力値は印加電圧比10~90%の範囲でアナログ値に線形出力される。出力値は、データロガー内部でA-D変換(分解能8bit)され0.5秒毎に内部メモリに記録される。データロガーの内部メモリは記録開始時より約270分間連続してデータが記録できる容量を有する。データロガーの電源としてリチウム電池(CR2032: DC3V)1個を内蔵した。センサとデータロガーは共に消費電力が少ないため、データロガーのメモリ容量が限界となる270分程度は連続して測定ができる。筐体に用いた容器は手近にあった水密容器を流用したが、それ以外の構成部品は全て市販品を用いた(総額2万円程度で購入可能)。図3に本装置の構成を示す。単純な構造であるため、配線や組み立てに特別な知識や技術を必要としない。また、センサやスイッチ等の部品が本

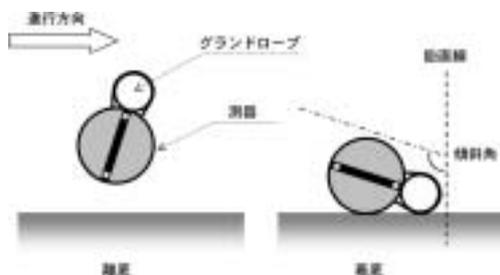


図1 着底記録計の離着底判別の仕組み
左: 離底時, 右: 着底時

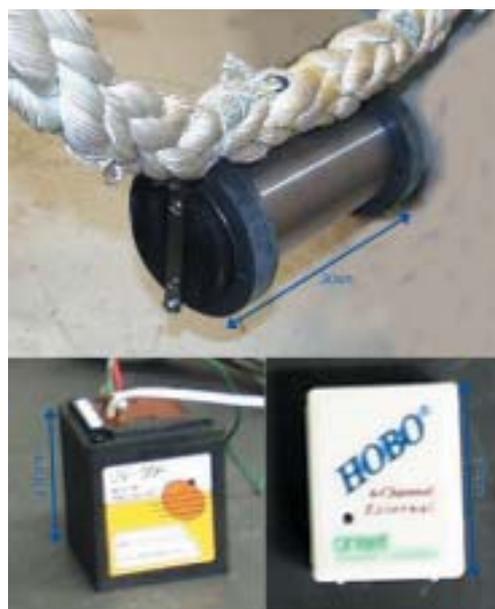


図2 着底記録計の各部品の外観図
上: 本体容器, 左下: 傾斜角センサ,
右下: 電圧データロガー

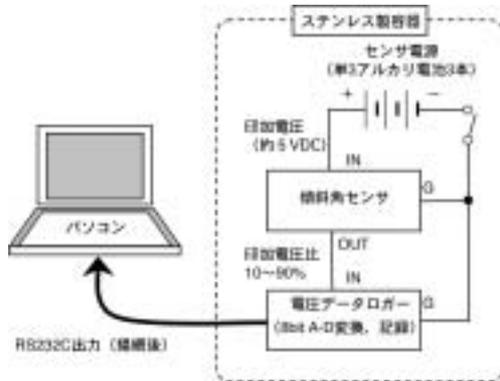


図3 着底記録計の構成

体の外部に露出しない。しかも、機械的な可動部がなく、構造も単純であるため、過酷な環境下でも使用が可能である。

着底記録計は、測定を開始するために2つの作業を行う。まず、投網前に蓋を開けて傾斜角センサーの電源リードを結線する。次に、データロガーをRS232Cケーブルでパソコンに接続し、データロガー付属の専用ソフトウェア（Onset Computer社製BoxCar3.7）によって作動させる。データロガーにはスタート遅延機能があり、記録開始時を最大3ヶ月後まで1秒間隔で遅延できる。データロガーに記録された計測値は、揚網後にパソコンに取り込み、専用ソフトウェアで経過時間毎の傾斜角変化を数値に変換する。

2.2 着底記録計の性能評価

(1) 水槽実験

水産工学研究所の魚群行動実験水槽（長さ14m×幅7.5m×深さ2m）で、試作した着底記録計の性能を評価した。水槽の底に砂を敷き、底面の中央部分に高低差約35cmの窪みを作って起伏のある海底地形を模した。図4に示したように、水槽の長軸方向を移動する台車に2本の鋼製の棒を固定し、これらの棒の先端をロープ（3cm×100cm）でつないだ。この台車を一定速度で移動することによりロープを底面上で前進させ、海底で離着底を繰り返すグランドロープの模擬実験をした。ロープ中央に着底記録計を吊り下げて、起伏をつ

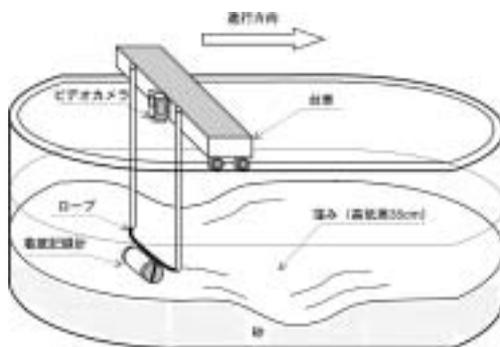


図4 水槽における着底記録計の性能評価実験外観図

けた水槽底面上を速さ約0.2m/sで5.5m曳く工程を1試行とした。計7回試行を繰り返し、目視とビデオカメラによって観察したロープの着底状態と、着底記録計に記録された傾斜角との関係を調べた。

(2) 実操業実験

2002年11月に銚子沖海域で漁業者が通常用いている小型漁船（9.85トン）と底曳網（網長さ約30m）を用いて、通常の操業下における着底記録計の耐久性と作動状態を調べた。操業水域の底質は砂で、水深は約25~30mであった。曳網速度は約1.5m/s（3ノット）、曳網時間はワープセット後約50分間とし、2回の曳網を実施した。グランドロープは直径約8cmのゴム製ピン付ロープと金属チェーンを組み合わせたもので、着底記録計はその中央にロープと針金で固定して吊り下げた。吊り下げた着底記録計は離底中においても水流の抵抗により鉛直線に対して若干の傾きが生じると考えたので、事前に水産工学研究所の回流水槽で流水中における姿勢を計測した。流速1.5m/sで連続2分間の計測を行った結果、鉛直線に対し平均39°（標準偏差0.49）の傾きが生じることを確認した。この傾斜角39°を、曳網中のグランドロープの着底を判別する基準値とした。

3. 結果と考察

図5に、水槽実験で記録された着底記録計の傾斜角の変化を示す。7回の試行の全てにおいて、目視とビデオカメラで観察したロープの離着底状態に一致した傾斜角の変化が記録された。これにより、着底記録計の傾斜角の変化からロープの離着底の判別が可能であることを確認した。

実操業実験では、着底記録計の本体は直接海底に接したため、蓋の樹脂部分に摩擦による擦れが少々認められた。しかし、筐体のステンレス部分に傷は認められなかった。着底記録計は、投揚網時に網と一緒にネットウインチに巻き込んだが、内部機器の動作にこのような操業時の衝撃による影響は無く、2回の曳網とも計測値を記録できた（図6）。このうち1回目の曳網速度は、常に回流水槽で姿勢を計測した速度である1.5m/s以下であった。この曳網における傾斜角は、ワープセット時から揚網開始時まで、回流水槽で確認された39°を常に上回っていたので、曳網中にグランドロープは着底状態を維持していたと推定した。また、入網物にヒトデ等の底生生物や、貝殻等のゴミ類を大量に確認できたことから、グランドロープは長時間にわたり着底していたと推定できた。さらに、今回記録されたデータから、揚網開始後もしばらくグランドロープが着底していることが推定できた。揚網時においても漁具が着底したまま移動しているのであれば、漁獲を続けている可能性がある。底魚類の資源調査において曳網距離を算出する際には注意する点である。

図6中の点で示したように、記録されたデータに過小または過大な出力値の振れが多く含まれた。これは、水流などによる着底記録計自身の振動や、船の動揺や曳網速度の変化、漁具と海底面との摩擦力の変化などで生じた加速度の変化に、傾斜角センサーが敏感に反応したためと考えた。このよう

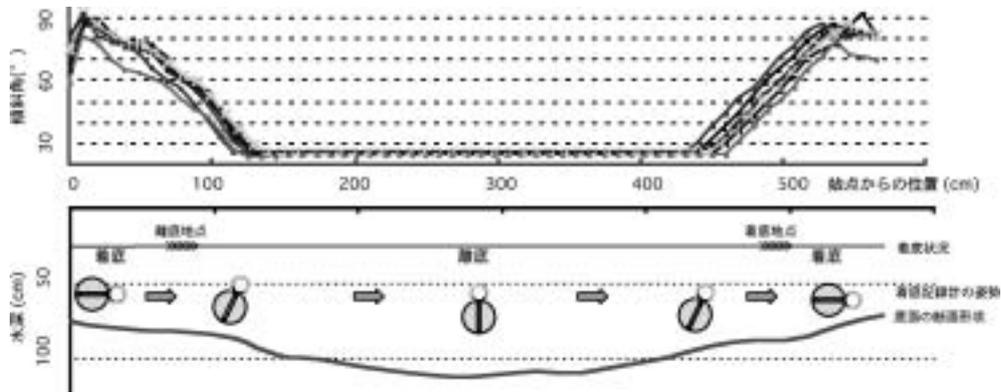


図5 水槽における着底記録計の傾斜角の変化
上：着底記録計の傾斜角の変化，下：着底状況と底面の地形断面

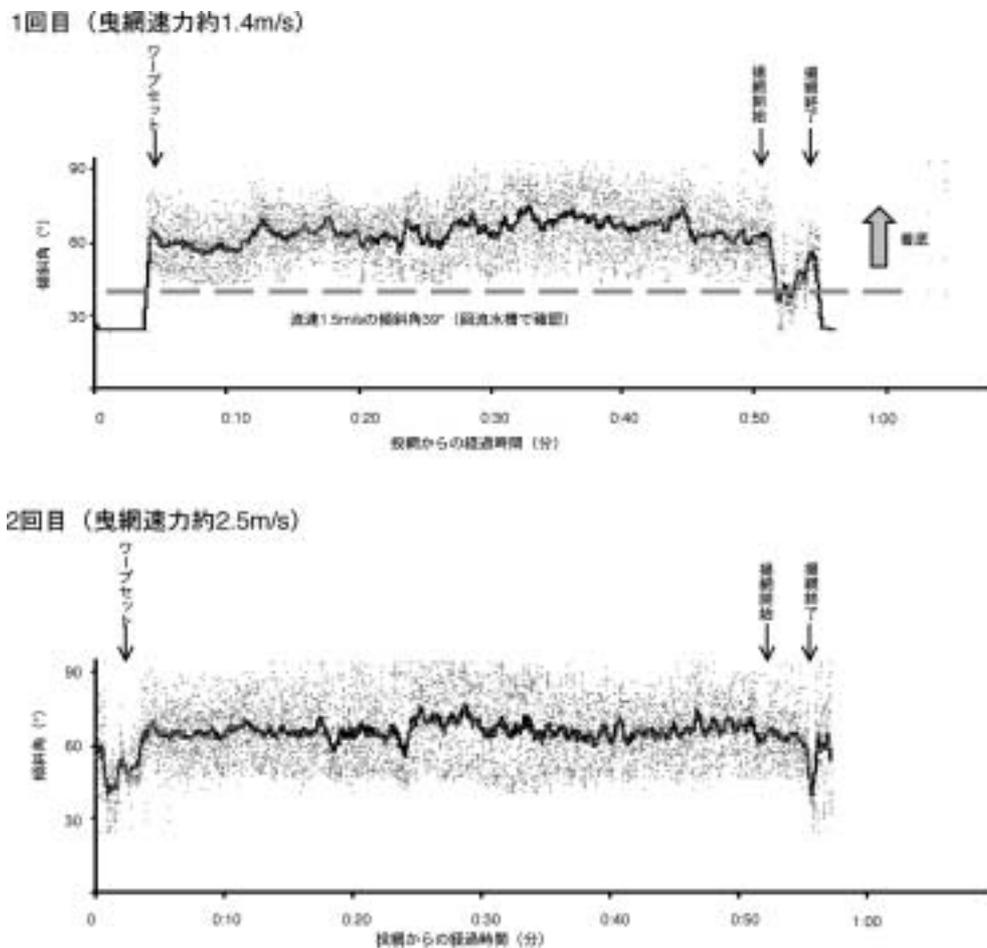


図6 実操業における着底記録計の傾斜角の変化
上：曳網1回目，下：曳網2回目。各測定点は0.5秒間隔。実線は移動平均(±15秒間)。

な出力値の振れを含むデータの波形は、ほぼ同じ振幅で値が上下動を繰り返していたので、測定されたデータを任意の区間毎に平均化処理することで補正が可能であった。図6のグラフ中の折線は、測定されたデータを±15秒間の移動平均により補正した値である。この補正値は、漁具が設計時に想定

された通りに曳網されているかどうかを評価する上で十分に役立った。しかし、平均化処理で補正されたデータは、短時間スケールで起こる漁具の離着底の変化と、傾斜角センサの出力値の振れを明確に区別できず、離着底状態を詳細に把握することが困難であった。

本研究による着底記録計は、安価で単純な構造に努めた試作器のため、構成部品の性能を十分に精査せずに用いた。特に、加速度の変化を傾斜角の変化として出力する傾斜角センサの特性が、過小または過大な傾斜角を出力した要因と考えた。また、筐体に用いた容器は、着底記録計としての使用を意図して設計された形状でないため、曳網中に安定した姿勢を保持しきれなかった可能性があった。そこで、これらの対策として着底記録計を構成する部品の改良を考えた。まず、運動下においても正確な計測が可能な、ジャイロを利用した傾斜角センサを用いることにより、加速度の変化によって生じる出力値の振れを軽減できる。また、高速データロガーを用いて計測値の記録間隔をより短くすることで、振動や加速度の変化に伴う周期的な出力値の振れを解析できる。これにより、微細な離着底の変化と傾斜角センサの出力値の振れを解析段階で分離できる。さらに、容器の形状を改良することにより、離底時・着底時ともに安定した姿勢で計測ができると考える。これらの部品を用いて改良しても、10万～20万円程度で製作できる。

また本研究では、回流水槽により流速1.5m/sにおける着底記録計の姿勢を計測した。しかし、実際の操業ではこの流速を上回る速力で曳網することが多い。従って、より高速の流水中における着底記録計の姿勢を把握する必要がある。さらに、水流の抵抗による傾きが小さくなるような形状への改良や重心位置の変更により、高速な曳網においても離着底の判別が可能になると考える。

今後は、以上の対策を考慮して改良を進め、より精度の高い離着底判別ができる測定器を開発予定である。また、実験ではグランドロープ中央に測定器を取り付けたが、本装置を

グランドロープ全体に複数個配置すれば、曳網中のグランドロープ全体の離着底状態を正確に把握することができる。測定器の小型化が課題となるが、この方法により、漁具を着底させずに海底近くの対象生物を捕獲する、離底トロール漁具の開発に利用できると考える。

謝 辞

実操業試験において御協力を頂いた銚子市漁業協同組合小型底曳網支所の方々に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 不破茂：底びき網のグランドロープの機能に関する基礎的研究，鹿児島大学水産学部紀要，38(2)，103-156，1989.
- 2) 北川大二・服部努・斉藤憲治・今村央・野澤清志：1996年の底魚類資源量調査結果，東北底魚研究，東北区水産研究所，17，79-96，1997.
- 3) 日向野純也・木元克則・藤田薫：曳網距離の計測手法と距離計の開発，水産工学研究集録，水産工学研究所，7，33-38，1998.
- 4) 木元克則・藤田薫・野口昌之・奥石裕一：水産工学研究所 型2m幅桁網の開発とヒラメ稚魚の採集効率の推定，水工研研報，22，67-90，2001.
- 5) 藤田薫・木元克則：曳航式底生魚類撮影装置の開発，水工研技報，21，41-46，1999.
- 6) Turk T.A., T. Builder, C.W. West, D.J. Kamikawa, J.R. Wallace and R.D. Methot: Pacific West Coast Upper Continental Slope Trawl Survey of Groundfish Resources off Washington, Oregon, and California: Estimates of Distribution, Abundance, and Length Composition, NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-50, 1-122, 2001.
- 7) 井上喜洋：銚子型沿岸選択底曳網の構造設計，水工研技報，23，1-7，2000.