

## 電子トルク制御を用いた自動釣り機の開発

小田原 幸生  
機械電子部

Development of the Automatic Fishing Machine Using Electronic Torque Control

Yukio ODAWARA  
Mechanics & Electronics Division

### 要 旨

小型漁船の甲板に設置されている釣り機（電動リール）や巻き上げ機は、炎天下、海水がかかる厳しい環境で使われるため頑丈に作られているが、必要最小限の機能しか備わっていない。これに対し、リールの回転速度やトルク調整などを付加し、もっと使い易くできないかという要望が寄せられている。

マグロなどの遊泳力の強い大型の魚の一本釣りでは、掛かった魚が弱るまで漁師が数十分間も釣り糸を引き、人手で船にたぐり寄せている。そこで、この作業を自動化するため、直流モータのチョップ制御を応用し、リールの回転速度と最大トルクの調整を行う自動釣り機を開発した。

### 1. 緒 言

排水量 10(ton)前後の小型漁船にはバッテリーを電源とし、直流モータを用いた様々な釣り機（電動リール）や巻き上げ機が設置されている。機械は炎天下かつ海水がかかる悪環境で使われるのでステンレス合金などで頑丈に作られ、故障に強くするため複雑な制御や機構は採用していない。これに対し、リールの回転やトルクの調整などの機能の付加について技術相談が寄せられた。

マグロなどの遊泳力の強い大型の魚の一本釣り（曳き釣り）では、掛かった魚が弱るまで漁師が数十分間も釣り糸を引き、人手で船にたぐり寄せている。この間に操船など他の作業ができず、また重労働であるので自動化の要望がある。釣り機には負荷調整に摩擦クラッチを使ったものも制作されているが、大負荷での連続使用には適用できない。そこで、直流モータのチョップ制御を応用し、リールの回転速度やトルクの調整が可能な一本釣り漁業用の自動釣り機を開発した。（※1）

平成8年度はこの釣り機のトルク調整で、モータ電機子電流の制御によるオープン・ループ制御に加え、モータや歯車などの慣性力や摩擦抵抗の補償回路を開発し、検証を行った。

（※1）平成7年度に（財）大分県高度技術開発研究所で開発

### 2. 開発した自動釣り機の概要

釣り機本体は漁業関係者から提供された市販の中古品を用い、歯車の減速比を小さく変更し、綾振り機構を制作して取り付けた。また、釣り機モータの正転／逆転／停止の制御、回転速度の制御、モータ出力トルクが一定値を越えない様にトルク制限制御を行う制御装置を開発した。

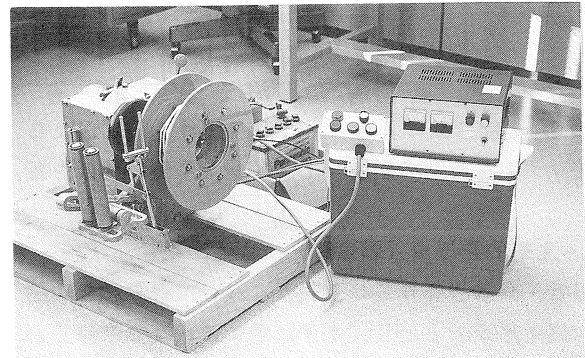


Fig. 1 釣り機と制御装置

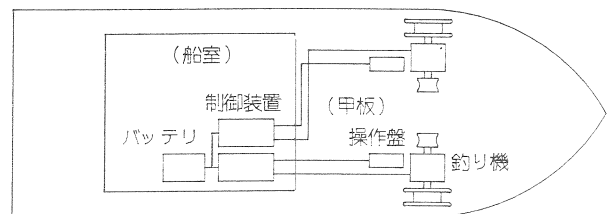


Fig. 2 釣り機、制御装置、操作盤の設置

Fig. 1 に写真, Fig. 2 に設置例, Table. 1 に仕様を示す。

開発した自動釣り機の特徴は次のとおりである。

- ① 従来の釣り機に制御装置を付加するだけで、速度、トルク調整が可能になる。（特殊な改造は不要）
- ② 摩擦クラッチによるトルク調整と比べ効率が良く、クラッチの焼損がないので大負荷で連続使用ができる。

#### 2. 1 回路及び制御について

制御装置写真（チョップ回路と周辺部）を Fig. 3 に、回路ブロック図を Fig. 4 に示す。



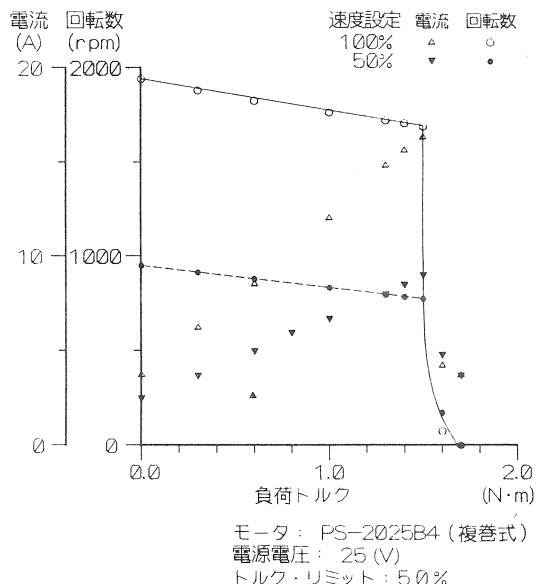


Fig. 6 回転速度-負荷トルク特性

Fig. 6に釣り機に使用したモータと制御装置による回転速度、トルク特性の試験結果を示す。

(注 Fig. 6の試験結果では、モータ電機子電流の検出はシャント抵抗を用いた。後に検出精度の改善のため、ホール素子を用いた電流センサに変更した。)

### (3) 巻き下げ (制動)

さらに負荷が大きい場合にはモータは逆回転 (巻き下げ) を始め、発電機として働く。

僅かのモータの逆回転でS3をOFFのままに保ち、電機子電流は“S2→モータ→S1のダイオード”を通じて流れ、逆回転が大きくなるとこの電流も増大し、電流に比例した制動力が負荷に作用する。さらに回転が大きくなり電流が増大すると、今までONに保っていたS2をOFFする。

この時、“S4のダイオード→モータ→S1のダイオード”を通じて、バッテリーを充電する様に電流が流れ、電流は急速に減少する。そこで再びS2をOFFからONに転じ、この動作を繰り返し電機子電流、即ち制動力を一定に保つ。

停止スイッチを押すとモータ及びアナログ回路、DC/DCコンバータ等に供給される電力が切られる。

## 3. トルク制御の改良

マグロなどの遊泳力の強い大型の魚の釣り上げでは、単に釣り糸を巻き取るだけでなく、船が波で上下・左右・前後に揺れる時や、魚が逃げようとして強い力で釣り糸を引く時、釣り糸を繰り出すことが必要である。

釣り機による釣り上げでは、“巻き上げ→巻き下げ”に変わるとき、またその逆の場合に、リールの回転をスムーズに切り替える制御が必要である。

### 3. 1 トルク制御の方法

本研究では機構の簡略化を狙い、モータと減速歯車などの機械系の慣性力や摩擦抵抗を補償回路を用いて補整し、

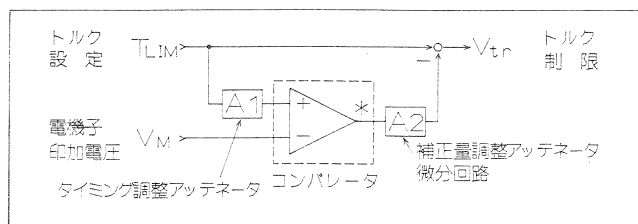


Fig. 7 トルク補償の方法

オープン・ループで制御する方法を採用した。

他の方法で、例えば釣り糸の張力を釣り竿にかかる力などで検出し、トルク制御に反映するフィードバック制御も考えられる。しかし、本研究では回路的な補償で必要な機能を得ることを目標とし、研究を進めた。

トルク補償の方法をFig. 7に示す。

補償回路の働きは、モータ回転速度がトルク設定 (Fig. 7  $T_{LIM}$ ) に比例した基準速度よりも小さい時、トルク制限 (Fig. 5  $V_{tr}$ ) から一定の補整量を減じ、リールの回転が小さい時及び巻き下げ時にリールの回転が重くなるのを防止する。また、微分回路は“巻き上げ→巻き下げ”に転じる時に一時的に補整量を大きくし、慣性力を打ち消す狙いがある。逆に“巻き下げ→巻き上げ”に転じた時は一時的に負の補整量を与え、モータの起動遅れを補償する。

ここで、この補償回路の問題点として、補整量が大きくと“回転速度ゼロ→巻き上げ”の時、モータの立ち上がりが遅れること、また、微分回路は次に説明するFig. 8～9の様に単純に充放電を繰り返す場合には有効に働かぬが、不規則な場合などで働かないケースもあることに注意する必要がある。

### 3. 2 釣り機による釣り糸の引っ張り力の試験

釣り機が巻き上げ・巻き下げ (制動) を繰り返す時の釣り糸にかかる力の変化を調べるため、また、トルク補償回路の効果を確認するため、釣り糸の引っ張り力の試験を行った。

試験方法は手動で釣り糸を引いたり戻したり繰り返し、その時の釣り糸の張力を引っ張り型ロードセル (歪みゲージ式) で検出し、また、釣り糸の動きはリールの回転を多回転型ポテンシオメータで検出し、アナライジング・レコーダ (横河北辰電機 型式3655) により記録した。

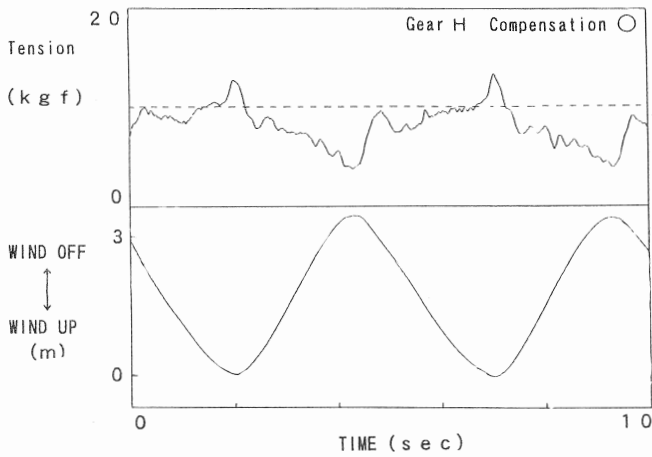


Fig. 8 - 1 釣り機引っ張り試験 (変速H, 補整有り)

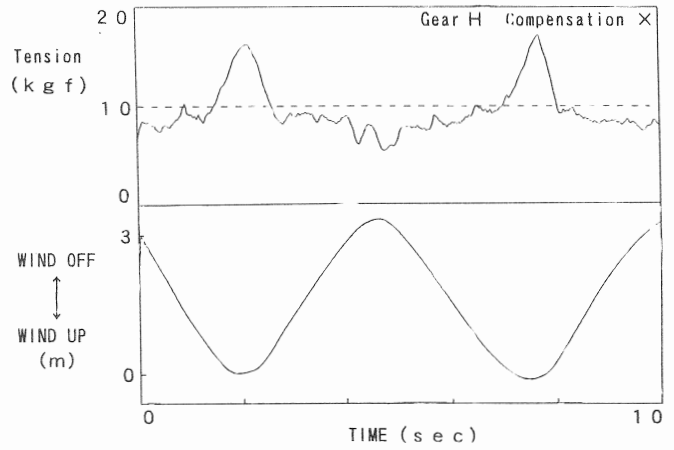


Fig. 8 - 2 釣り機引っ張り試験 (変速H, 補整なし)

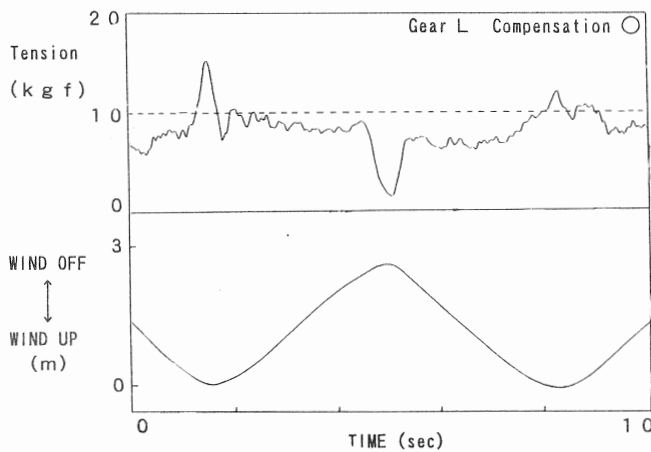


Fig. 9 - 1 釣り機引っ張り試験 (変速L, 補整有り)

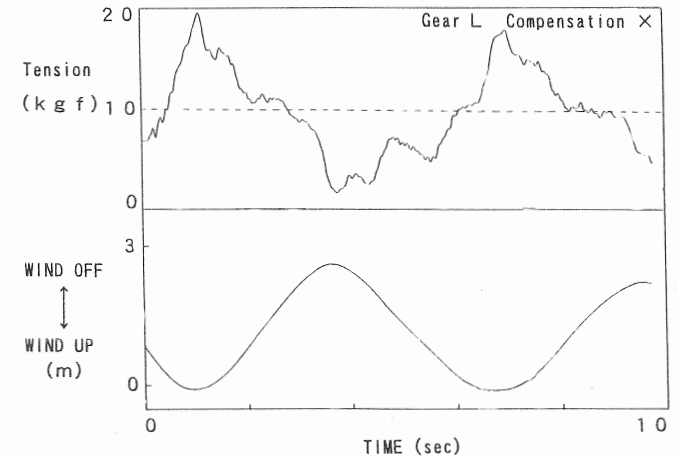


Fig. 9 - 2 釣り機引っ張り試験 (変速L, 補整なし)

Fig. 8-1は変速機をH側にしトルク補償回路を働かせた場合、Fig. 8-2は同じ条件でトルク補償回路を無効にして試験したものである。釣り糸の張力の最大は前者の方が小さい。一方、後者の方が張力の変動は小さいが、これは前者のトルク補整が効き過ぎているためである。

Fig. 9-1～9-2は変速機をL側にし(変速Hに対するLの変速比は約2)、トルク設定(Fig. 7 T LIM)を下げ、釣り糸を動かす動作を少し遅くした。その他はFig. 8-1～8-2と同じ条件である。結果は、補償回路を効かせたFig. 9-1の方が張力の変動が小さく、また、最大張力も小さくなっている。

結果を総合すると、釣り機リールの最大トルクはトルク設定(T LIM)の他に機械系の慣性力の影響を強く受けるが、摩擦抵抗の影響は小さいことが分かった。付加した補償回路により、問題となる“巻き上げ→巻き下げ”転換の際の釣り糸の張力の増大を、補償回路を使用しない時より約40%ほど小さくすることができた。実用上、釣り糸の張力の平均と最大値に大きな差があると、その分トルク設定を軽減する余分な配慮が必要であるが、パワー・アシスト的な使い方に限定すれば実際の操業で使用可能である。

#### 4. まとめ

一本釣り漁業の自動化のため、直流モータのチョップ制御を応用し、釣り機リールの回転速度、最大トルクの調整を電子制御により行う自動釣り機の開発を行った。

平成8年度は、釣り機が釣り糸の力で“巻き上げ→巻き下げ”に転じる時の力の変動が主に釣り機の減速歯車の慣性力に起因することを確認し、この力の変動を抑制するためオープン・ループで制御する際に補償回路を用い、有効であることを確認した。

#### 5. おわりに

本研究は県内漁業関係者や企業の意見を聞きながら、共同で研究を進めている。開発した釣り機は、実際に一本釣り漁業に携わる漁師から「これなら使える。」と前向きな評価を得ている。

今後、関心のある漁業関係者や企業の協力を得て、実用化や応用を目指したい。