

イカ釣機の揺動補正制御

Automatic Line Control of Squid Fishing Machine

和田雅昭（北海道大学大学院水産科学研究科） 三木智宏（株式会社東和電機製作所）

Masaaki WADA, Graduate School of Fisheries Sciences & Faculty of Fisheries, Hokkaido University
Tomohiro MIKI, Towa Denki Seisakusho Co., Ltd. 6-29, Yoshikawa-cho, Hakodate, Hokkaido

Abstract: In a stormy sea, squid fishing machine could not roll up the line without line slack. When rolling up the line, the ship motions cause line slack and squid on a barbless hook can get away. To solve this problem, we proposed a method that based on the use of acceleration, squid fishing machine adjust the line motion to the ship motions. To detect the ship motions, we attached an axial acceleration sensor to squid fishing machine, which can sense gravitational acceleration. As a result, in spite of ship motions, squid fishing machine could roll up the line without line slack. We have adopted this method to latest squid fishing machine.

Key Words: Squid Fishing Machine, Ship Motions, Line Slack, Acceleration Sensor, Auto-Control

1. はじめに

国内に流通しているイカは、その殆どが釣りによって漁獲されている。良く知られている漁火の下では 10~15 台のイカ釣機が休む間もなくドラムを廻してイカを釣り続けている。多くの場合乗組員は一名であり、甲板にて次々と釣り上げられるイカの梱包に追われている。そして、魚群探知機からの情報を基に複数のイカ釣機を操っているのは船橋に置かれた集中制御盤である。このようにイカ釣り漁業は機械化の進んだ漁業の一つである。

一般にイカを多く漁獲するためには優れたシャクリと効率的なイカ釣機の運転が必要であると言われている。しかしながら、その双方を備えていた場合であっても満足な漁獲を得られないことが生じ得る。それが時化の日の操業である。イカ釣機では釣り上げたイカが船上で自動的に針から外れるよう反しのない針を利用している。そのため、海中において一度針に掛かったイカであっても糸が緩むと簡単に逃げられてしまう。イカ釣機が一定の速度で糸を巻き上げている場合であっても、船体の揺動により糸の緩みは発生する。従って、イカ釣機が船体の揺動を感知し、揺動に合わせて糸を巻き上げることができればこの問題は解決されると考えられる。そこで、一軸の加速度センサをイカ釣機に装備することにより船体の揺動を感知し、糸を巻き上げる速度をコントロールする方法を考案した。

2. 船体運動

船体運動は Fig.1 に表されるように大きく 6 成分の運動に分類される。そのうち主に揺動に影響を与える成分は縦揺れ (Pitching) と上下運動 (Heaving) の 2 成分である。Heaving は船体に対して一様な運動を行なうのに対し、Pitching は重心を軸とした回転運動となる。単純な規則波中における船体運動は簡単なサイン波で表現することが可能であるが、実際の海域では長周期のうねりに短周期の波浪が複合されており、加えて船体の揺動には船体固有の運動特性も影響を及ぼすことから複雑な運動となっている。

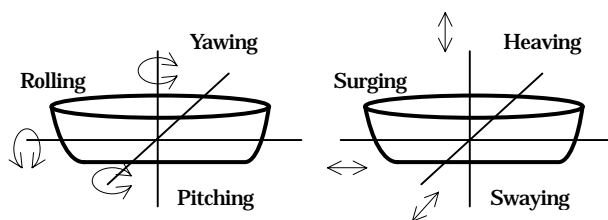


Fig.1 Ship Motions (6 Degrees of Freedom)

3. 船体運動の検出

イカ釣機の設置されている各点の運動を検出する場合には、ある特定の点における運動を計測し演算により求める各点において個々に運動を計測する

の 2 つの方法が考えられる。の方法では角速度や傾斜角の検出を行なう必要があり、演算にはイカ釣機の設置されている各点の座標が必要となる。また、演算も複雑となるためリアルタイム性の要求される用途ではの方法のように各イカ釣機が個々に運動を計測する方法がより適していると考えられる。検出の目的としている船体運動は特定の点における上下運動の速度である。速度は加速度を積分することで求められることから、上下軸方向の加速度を検出する一軸加速度センサを各イカ釣機に搭載し、個々のイカ釣機において船体の揺動を補正する方法を採用した。なお、この加速度センサでは前述の Pitching と Heaving が合成された加速度が検出されている。

4. センサ出力の処理

採用をした加速度センサは自動車の ABS の制御に利用されているアナログ出力の加速度センサである。加速度センサからの出力は、アナログフィルタを経由してマイコンの A/D 変換ポートに入力した後、デジタルフィルタによって処理を行い演算に利用している。

フィルタはいずれもLPFでアナログフィルタはオペアンプを用いた二次ローパスフィルタである。デジタルフィルタにはFIRを用いている。FIRは、

- 直線位相特性を正確に実現できる
- 常に安定なフィルタを実現できる

フーリエ級数に関連した窓を用いた設計が行なえる

といった特徴があり、信号の波形情報を保つことができると同時に遅延時間を自由に設計できるといった利点を有していることから、目的に適していると言える。また、デジタル処理であることから、容易にシミュレーションを行なうことが可能である。今回はハミング窓を用いた11個のフィルタ係数からなるFIRを設計した。

5. 演算のアルゴリズム

Fig.2は第31 賣来丸(249 トン)の右舷に設置されたイカ釣機において計測した60秒間の加速度の時系列を示している。ここで、縦軸は加速度、横軸は時間である。加速度の振幅は不安定であるものの、ほぼ一定周期の運動となっている。また、Fig.3は加速度を単純に積分した結果である。このように加速度を積分しただけでは誤差が累積され、ついにはゼロ点を交差しない状態となる。これは加速度センサの静止時における出力値のバラツキが大きいこと、モータの発熱による温度ドリフトが生じていることが主な原因と考えられる。そのためセンサのキャリブレーションを行なう必要がある。しかしながら、船体の揺動に伴い、常に出力の変化しているセンサのキャリブレーションには特別な方法が必要とされる。そこで、加速度の積分値があるしきい値を超えた場合に積分値がゼロに近づく方向にオフセット値を加えることでキャリブレーションを行なう方法(Method I)を考案した。しかしながら、この方法だけでは単純な積分により速度を演算することは極めて難しい。次に、加速度の最大または最小の点においての速度はゼロであることから、加速度の最大または最小の点で積分値をリセットするとの条件を追加した方法(Method II)を考案した。しかしながら、この方法により実際にイカ釣機を制御したところ、船体の揺動に合わない動きをすることが確認された。具体的には加速度の最大と最小の点において、糸を巻き上げない、または逆に過多に糸を巻き上げる現象が見られた。そこで、Fig.2の加速度データを用いてこの方法に従ってシミュレーションを行なった結果がFig.4である。Fig.2にあるように加速度の振幅は不安定である。そのため、小さな振幅の次に大きな振幅が現れた場合に速度成分の極性が反転して積分されてしまう現象が生じていることが判った。この対策として、加速度の最大の点から最小の点、または最小の点から最大の点までの半波長間では速度成分の極性は反転しないとの条件を追加した方法(Method III)を考案した。この方法に従ってシミュレーションを行なった結果がFig.5である。この方法により実際にイカ釣機を制御したところ、船体の揺動に合わせて糸を緩ませることなく巻き上げることが可能となった。なお、演算のアルゴリズムに関しては、船体の揺動を厳密に把握することが目的ではなく、船体の揺動に合わせて糸を巻き上げる速度を変化させることがより主要な目的である。また、イカ釣機内部では同一のCPUによりモータ制御、データ伝送等のタスクが機能していることから、よりシンプルなアルゴリズムでの実現が前提とされていた。

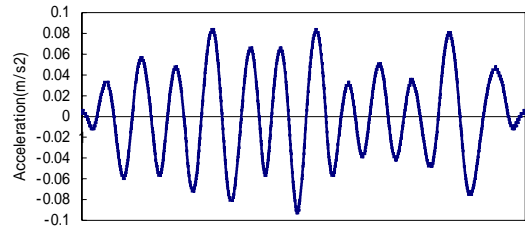


Fig.2 Measured Acceleration

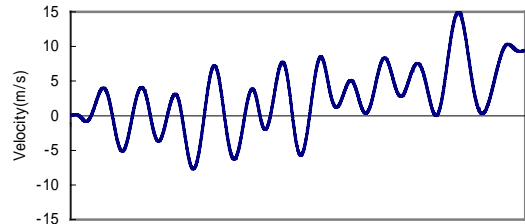


Fig.3 Integration of Measured Acceleration

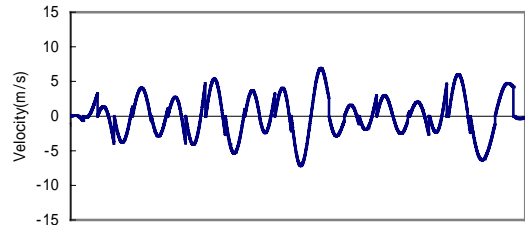


Fig.4 Processed data by proposed method (II)

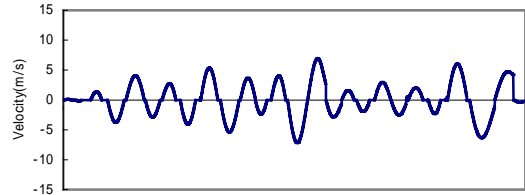


Fig.5 Processed data by proposed method (III)

6. おわりに

一軸加速度センサと簡易なアルゴリズムにより、個々のイカ釣機において船体の揺動に合わせて糸を緩ませることなく巻き上げることによって時化の日においても効率的な漁獲を実現している方法を紹介した。実際にはイカ釣り漁業は複数のイカ釣機による協調作業であり、個々のイカ釣機のみ効率を考えただけでは漁獲を向上させることは難しい。そのため船橋に設置された集中制御盤と呼ばれるホストコンピュータには効率的にイカ釣機を動かすための様々なアルゴリズムが組み込まれている。そして、集中制御盤からの指令により協調作業が実現され、効率的なイカ釣り漁業が実現されている。最後に、ここで紹介したイカ釣機の揺動補正制御に関しては、アイデアの段階で特許を取得し、マイクロコンピュータや加速度センサの発達に伴い、後に完成された技術の一例であることを付け加えておく。