

「オートスパンカーのこころ」

オートスパンカー開発者のモノローグ

1、 オートスパンカーは船頭ロボット

私は釣り好きな上司の船頭役として、何度も相模湾でフィッシングボートタイプのレジャーボートを操船していた。私は遊漁船軍団と同様に船首を風上に向け、遊漁船と同じように位置決めしようとするのだが、これが至難の業。船首が風に流され、あっちを向いてしまう。それを修正しようすると、舵を切りかつ推力を上げないとボートの向きを変えられない。そのため、元の位置に居ようとしてふらふらもがくことになってしまう。上司には「おい船頭、流されてるぞ、釣りにならん！」と怒鳴られ、とてもじゃないが自分も釣りを楽しむ余裕は無かった。必死で操船するうち、自分のやっていることがすごく機械的な作業であることに気づいた。風の流れを読む、船の流され方向を予測する、当て舵をあてる、予想した流され方に応じた推力を発生させる、といった一連の作業は、ひょっとしてコンピューターにやらせればもっと簡単にかつ正確にしてくれるのではないかと考えた。こうして開発に取り組んだのがオートスパンカーであり、目標とするところは船頭役をしてくれるロボットであった。

2、 原理は簡単だが制御は複雑

風に流されやすい小型ボートを風に立たせ、一定地点に止まらせるためには常に風の強さと向きを計測し、それに合わせた推力の強さと向きを与えれば良い。そのため風向風速計のデータをコンピューター処理し、船首にセットした電動推進器(通称エレキ)の向きと推力をコントロールさせるようにしてある。そこまでは誰でも考え付くであろう簡単な原理である。問題はこの制御の内容である。単に風の向きと強さが電動推進器とリンクしているだけではボートは風に立たないのである。風が右舷から吹いて来る。だから電動推進器は右舷を向く。船首が右舷に回転を始める。船首は風上を向くがそれは一瞬ですぐに風上を行き過ぎてしまう。ボートの旋回方向の慣性モーメントがあるから当然である。行き過ぎたことは風向風速計が感知し、今度は左舷方向へ戻すよう

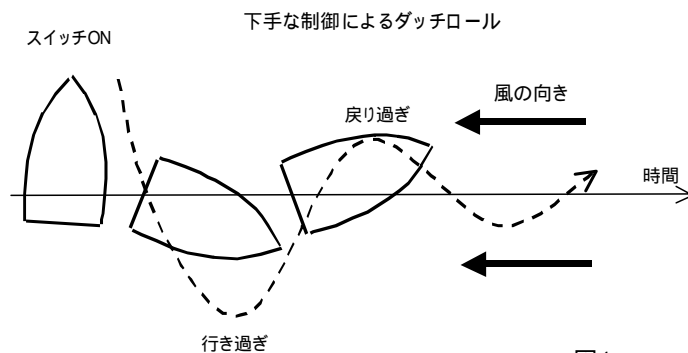


図1

に命令する。すると船首は左舷側に回転を始め、風上を通り過ぎて左舷方向へ行き過ぎる。こういった往復運動をダッチロールのように繰り返しながら徐々に風上に立っていくのだが、これでは下手な素人の操船であり、船頭に代わるロボットだなんておこがましくて言えない。(図1)

この状態を数学的に言うと、 $\theta = a \cdot \alpha + b$ という単純な1次方程式で表現される。ここで、 θ は電動推進器の操舵角、 α は風とボートの船首との成す角であり、 a はボートのサイズ、風の受けやすさによって変わる係数、 b は潮の流れに対して与える補正值ということになる。(図2)

概念のみ、実際はこのように単純な1次式ではない

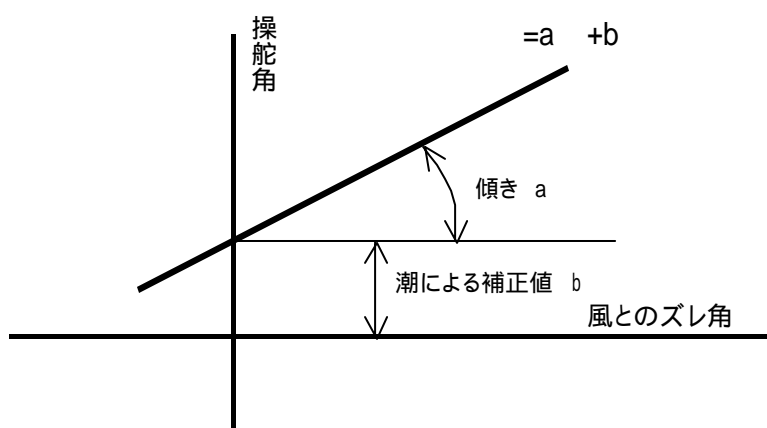


図2

しかし、これでは船頭の名人芸に遠く及ばない。そこで、風向きと船首が成す角の変化に対し操舵角を決めるよう微分制御という手法を用いた方程式を開発した。(この辺がこのシステムのエッセンスなので詳細な式は公表できない)これにより、船首が風上に向いて行くと電動推進器の操舵は1次方程式の比例関係よりも急激に操舵角を減少させるよう変化し、更に風上に向く寸前では電動推進器の向きはむしろ風下を向き、船首が風上を行き過ぎてしまわないよう、ブレーキをかける動作をする。電動推進器に発生させる推力も単純に風の強さとリンクしているわけではない。風の向きとボートの向きのズレが大きい時には推力を上げて風に早く立たせるようにし、風上に近づいたら推力も落とすようにしている。こういった複雑なプログラムによる制御の結果、ふらふらするようなダッチロール現象を起こさずに、殆ど一回ですっと風上に立つようになっている。

3、クローズドループとオープンループ

以上説明したように、オートスパンカーのシステムはクローズドループの制御を行っている。これは、風の向きと自船の向きとのずれ角を常に計測しており、電動推進器の操舵角を制御している。操舵角を与え、自船が向きを変えだすと、変化した自船の風との角度を再計測して、操舵角を修正する。計測 舵角指示 再計測 舵角修正 再計測・・・というように情報がぐるぐる回る制御をクローズドループ(Closed Loop)と言う。これに対し、一部の電動推進器メーカーが商品化しているオートパイロット式のエレキは、オープンループである。これは磁気コンパスを使って、セットした

方位を常に電動推進器の向きが向くようになっていくもの。これは電動推進器が常にセットした方位を向いているだけで、自船の向きがどちらを向いていようと関係ないものになっている。このような状態をオープンループ(Open Loop)と呼ぶ。人間の判断は常にクローズドループの方法で物事を行っている。走行している車のハンドルを握っている状態はまさにこの状態。右に切り過ぎたと感じて左にハンドルを戻し、戻しすぎたとなればまた右に若干戻す、といったことを無意識の内に繰り返す、その結果、道のとおりを走っている。このとき人間は常に先を予測してハンドルを切っている。オートスパンカーの制御回路が目標としたのはこのような人間の能力に近いものである。オープンループであるオートパイロット付きエレキとオートスパンカーのシステムとの違いを聞かれることがあるが、このように全く次元の異なるもの。

4、 潮との関係

オートスパンカーのシステムへの入力情報は風の強さと向き、それと超小型電子コンパスを用いた方位データであり、潮の流れについてはセンシングしていない。従って、潮の流れに対して任意の方位や位置を守りたいとする場合は、手動で補正するようになっていく。流し釣りと呼ぶ潮に乗った釣りであれば、海水上の同地点を守れば良いので潮による補正は必要ないが、海底の根にいる魚を狙うには潮によって流れないよう補正值を入力する。これは単純に潮の流れに対抗したい向きのボタンを潮の流れの強さに応じた回数だけ押せば良いようになっていく。将来的には潮の流れもセンシングして、「流し釣り」か「根魚狙い」かをボタンで選択するだけで良いようにしていくことも考えている。

5、 バッテリーは始めチョロチョロ中パツパ

オートスパンカーの開発時に決めたいくつかの基本目標に、エンジン用のバッテリーに迷惑をかけない、オートスパンカーを使ったことでエンジンが止まったり、かからなくなったりすることは絶対に避ける、釣りから帰る時、バッテリーも持ち帰って充電するなどという面倒なことはしないで良いものにする、という項目があった。このため、エンジンからの発電量をまずはエンジン用(艇体用)バッテリーに充電し、満充電になったことをコンピューターが確認してから、オートスパンカー用バッテリーに充電するというシステムになっている。このことを可能にしたのは、専用のアイソレーター(充電分配器)を開発したからである。市販のアイソレーターというものは色々あるが、内容はごく単純な逆流防止ダイオードが入った程度のものが殆どである。ダイオードを経由するとどうしても電圧降下があり、オートスパンカー用バッテリーを短時間に満充電することはできない。オートスパンカー専用アイソレーターはエンジン用バッテリーとアイソレーター用バッテリーの電圧を常に監視し、安全な電力配分を行っている。また、釣りから帰ったらオートスパンカー用バッテリーを外して持ち帰り、家で充電するなどという面倒なことはしないで済むよう、釣り場からの帰り、あるいは朝、マリナーから釣り場へ向かって走っている間にオートスパンカー用バッテリーに満充電されるように特別な工夫がしてある。

この工夫が凝っている。いわゆる急速充電できるようになっているのであるが、単純に急速充電

をやると、バッテリーを傷める　バッテリーが拒否反応(サルフェーション)を起こす、などの問題が発生し、結果として満足な充電ができない。このため、オートスパンカー専用アイソレーターは、始めチョロチョロ中パッパ方式の充電電流を流すようプログラムされている。先ず、いきなり大電流を流すとバッテリーを傷めるので、最初は弱めに電流を流し、バッテリーに警戒感を持たせないようにしてから充電電流を増やす。女性への接し方と同じようである。また充電電流は単純な直流ではなく、一定周波数に断続した直流電流としている。これにより、バッテリーにサルフェーションと呼ばれる拒否反応が起きない。こうやってオートスパンカー用バッテリーはまんまと騙され、極めて短時間の走行中に満充電されるようになっている。オートスパンカーのシステムが全体として成立したのは、このユニークなアイソレーターの開発に成功したからと言っても過言では無い。

6、 その他

オートスパンカーは風に対しての自動制御以外に、電子コンパスを使った自動方位モードも有している。これについても色々と話したいことがあるが、また次の機会に。

(本文は、雑誌「ボーティーフールド」平成17年12月号に掲載したものを再校したものである)