



特集：挑戦

クルーレス・ソーラーボート・レース

Crewless Solar Boat Races

藤田学



図1 ワイ・イー・シー「クルーレス・ソーラーボート」サークル

Abstract

At our company YEC, there are a number of employee sports clubs involved in sports like baseball, soccer and volleyball. Among these, our "Crewless Solar Boat" club is a bit of a rarity. What makes it a rarity is the fact that it is a club whose focus is on technology. In our club we have concentrated primarily on developing computer programs for autonomous navigation control.

However, when you consider the fact that our company is in essence an engineering company peopled by engineers, it also seems only natural that it should give birth to a club that is tech-oriented. In this report we introduce the activities of our club in the unique field of crewless solar-powered boat racing.

1 はじめに

(株)ワイ・イー・シー(以下、当社)には、野球、サッカー、バレーボールなど、様々なサークルが存在する。その中でも異色なのが、我々、「クルーレス・ソーラーボート」サークル(以下、当サークル)(**図1**)であろう。なぜ、異色なのか? それは、当サークルが、「技術」に主眼を置いているからである。これまで、当サークルでは、コンピューター・プログラミングによる船の自律航行制御を中心に技術開発を行ってきた。

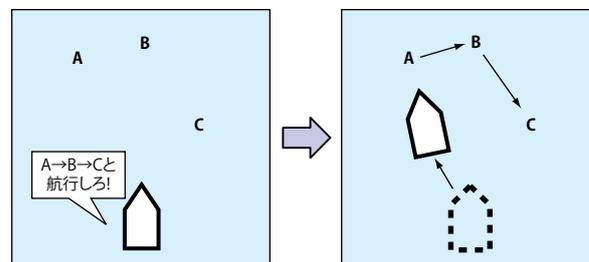
しかし、見方を変えると、当社はエンジニアリング会社であり、エンジニアの集団であるから、技術指向のサークルが発足したことは、自然な成り行きと言えなくもない。

2 クルーレス・ソーラーボート大会の概要

2.1 クルーレス・ソーラーボートとは？

- ・クルーレス(Crewless) = 乗組員なし
- ・ソーラー(Solar) = 太陽
- ・ボート(Boat) = 船

つまり、クルーレス・ソーラーボートとは、「動力源を太陽(電池)とし、乗組員が乗船せず、また無線操縦も無しで自律航行する船」のことである。



ABCは、WP (Way Point)

図2 Way Point

あらかじめ、ソーラーボートに対しWay Point(以下、WP)と呼んでいる北緯、東経の位置を設定しておく、ソーラーボートはそれに基づいて自律航行する(図2)。

2.2 クルーレス・ソーラーボート大会とは？

クルーレス・ソーラーボート大会は、毎年夏に琵琶湖で開催されており、今年で第10回を数える。大会は、普及部門と当サークルの参加している先端技術部門の2部門に分かれている。普及部門は、自律航行機能を有しないクルーレス・ソーラーボートで、25mプールの直線タイムを競い合う。一方、先端技術部門は、自律航行機能を有するクルーレス・ソーラーボートで、琵琶湖畔から出発し竹生島までを周回する約20kmのタイムを競い合う。

なお、先端技術部門のレギュレーションは、

- ・操縦:GPSによる自律操縦
- ・動力:ソーラーパネル面積2㎡以下(バッテリー容量20Wh以下の併用可)

だけであり、大きさや形状など船に関する規定はない。

3 クルーレス・ソーラーボート

3.1 船体

当サークルは、2001年の第5回大会より先端技術部門に参加しており、現在の船体は4代目に当たる。当社は、エンジニアリング会社ではあるが、モーターサイクル中心であり、船に関しては門外漢であった。しかし、ヤマハ発動機をはじめとする周囲の人々の力を借り、船体を着実に進化させてきた(表1~2)。

当初のソーラーボートの速度は、約1ノットであったが、現在のソーラーボートは約7ノット(時速約13km)である。

表1 船体の変遷

	年式	外観	船体の材質	速度	重量	ソーラーパネル
初代	2001年		発泡スチロール + 衣装ケース	約1ノット	8.5kg	38.5W/0.5m ²
2代目	2002年		発泡スチロール	約3ノット	20kg	188W/1.688m ²
3代目	2003年		アルミ	約4ノット	25kg	188W/1.688m ²
4代目	2005年		カーボン	約6ノット	21kg	188W/1.688m ²
	2006年			約7ノット	24kg	269.4W/1.992m ²

表2 4代目(2006年モデル)の仕様

	重量(kg)	サイズ(mm)	その他
船体	9.05	3,870 × 387.8 × 150.5	材質: カーボン製
パネル	6.40(6枚合計)	774 × 430(1枚当たり)	1枚当たりの出力:44.9W
モーター	3.15	—	DC24V 250W
他(電装品等)	5.19	—	—
総重量	23.79		

3.2 システムブロック図

システム構成(図3)は、初代から大きく変わっていない。ただ、マイコンボードやセンサー類は、毎年、リファインしている。

この構成において、特徴的な点が2つある。1つは、危険回避のため、自律航行中に外部からプロポ(ラジコン無線機器)による手動操作に切り替えられる点である。もうひとつは、コンピューターによる制御対象が、舵だけである点である。つまり、モーターは、コンピューターによる制御を行っていない。

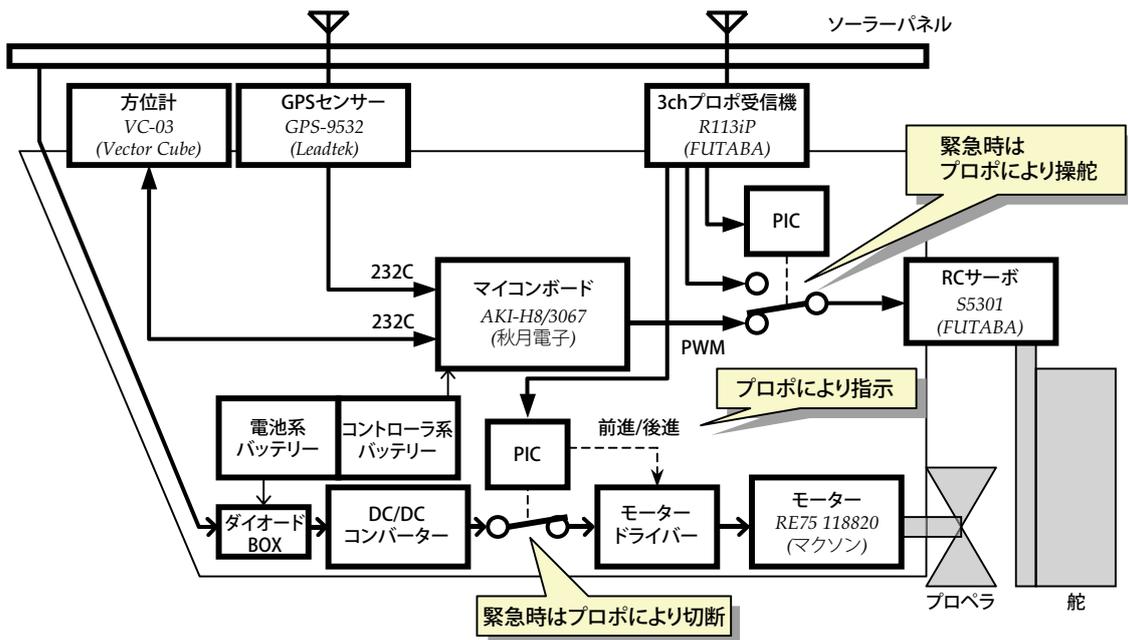


図3 4代目(2006)のシステムブロック図

3.3 自律航行制御

前述のように、コンピューターによる制御対象は、舵のみである。図4は、舵の切り角を算出するための制御ブロック図である。

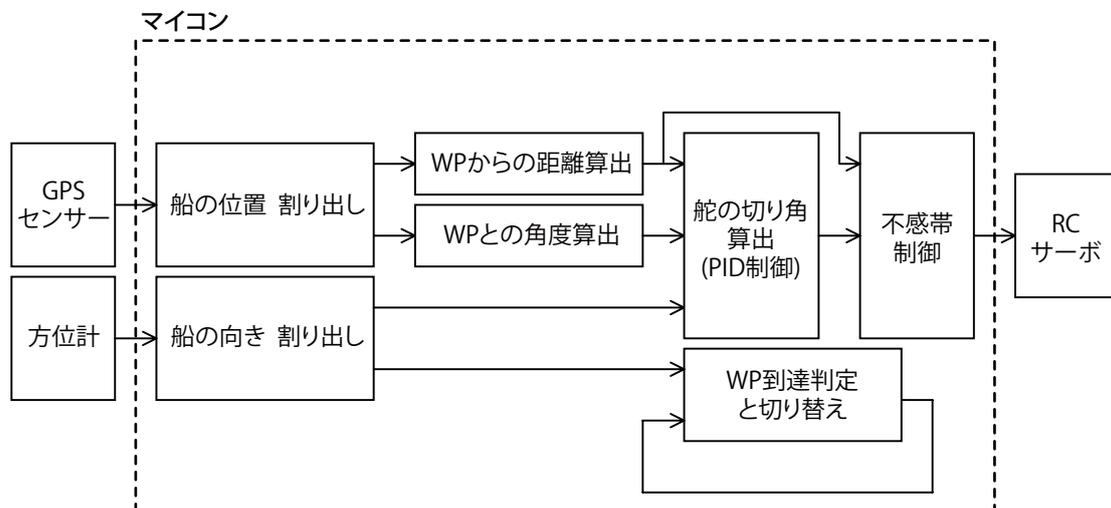


図4 制御ブロック図

3.4 舵の切り角算出

舵の切り角は、以下のような考え方を基本としている(図5)。

- ① 現在の船の位置とWPから、その角度を求める。
- ② 現在の船の向きを取得する。
- ③ ①と③の差(偏角)が、舵の切り角となる。

しかし、この偏角をそのまま、舵の切り角とすると、
(1)船体の特性により、舵の切り角通りに船が方向を変えない(または、切った以上に方向を変えてしまう)。

→偏差

(2)外乱(波、風など)により、なかなか切り角通りに船が方向を変えない。

→残留偏差

(3)船がWPの方向を向いても、惰性で逆方向に行き過ぎてしまう。

→オーバーシュート/ハンチング(振動)

といったことが発生する。そこで、これらを補正するためにPID制御を施している。

PID制御とは、

- P制御:比例制御(Proportional Control)
- I制御:積分制御(Integral Control)
- D制御:微分制御(Differential/Derivative Control)

であり、P制御により(1)、I制御により(2)、D制御により(3)を解消する(図6)。

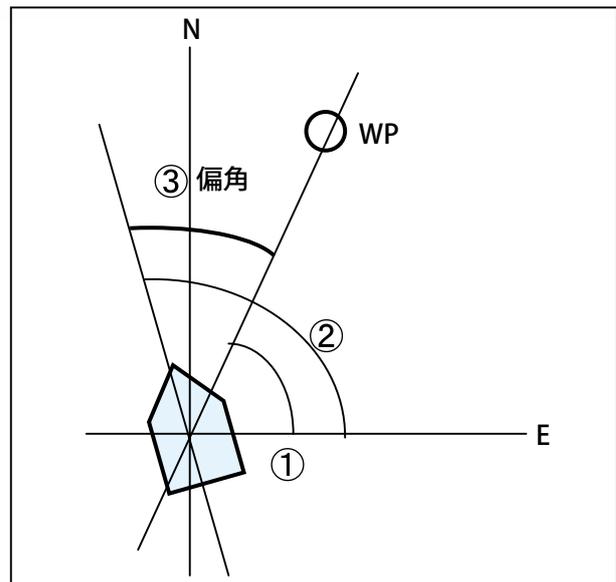


図5 舵の切り角算出

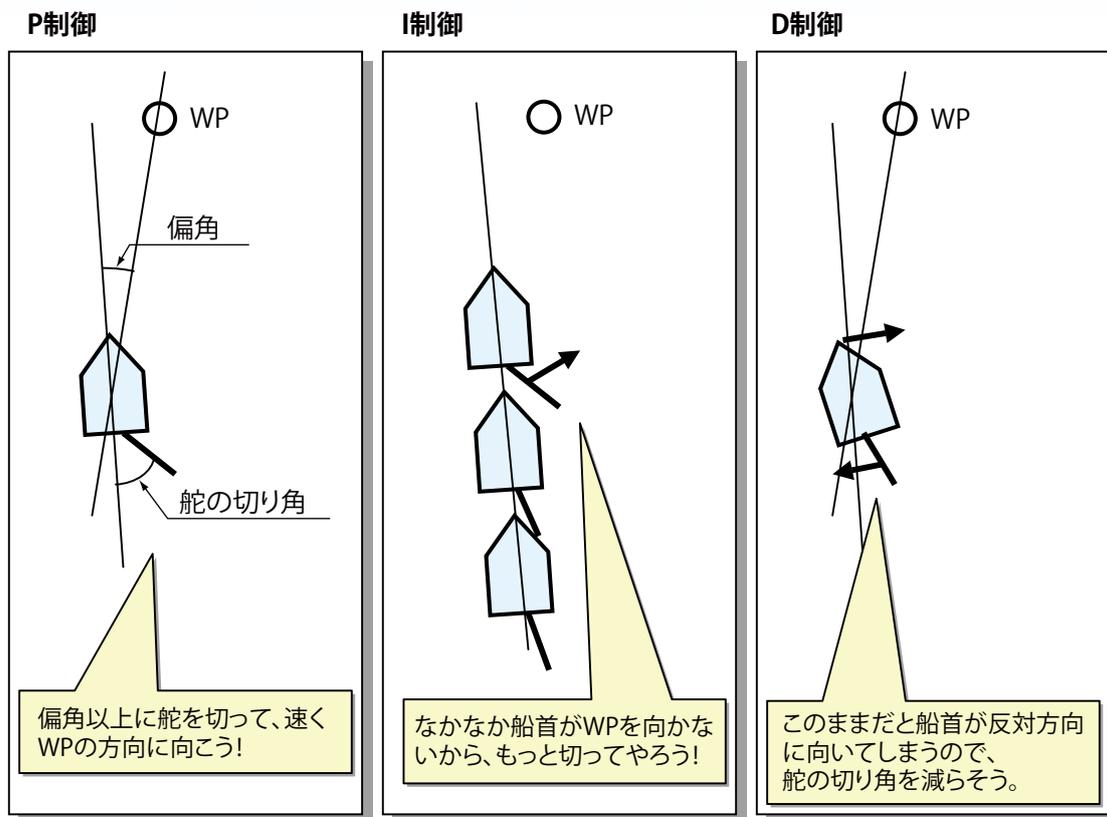


図6 PID制御

3.5 不感帯制御

船首が、ある角度以内でWPを向いている場合は、その角度を不感帯エリアとし、通常エリアよりもPID制御のゲインを弱め、舵を切りにくくしている。これは、船首がWPを向いた際に、頻繁に船首を左右に振ってしまう現象(ハンチング)を防ぐためである(図7)。

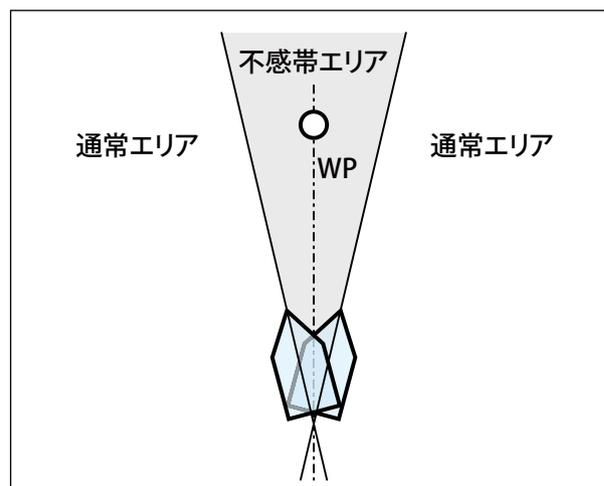


図7 不感帯制御

4 第10回びわ湖クルーズ・ソーラーボート大会

第10回びわ湖クルーズ・ソーラーボート大会の先端技術部門は、2006年8月19日(土)、20日(日)の2日間、例年同様、滋賀県高島市マキノ町サニービーチで開催された。今年は台風10号の影響で、初日はレースが中止となり、2日目も午前8時の時点で晴れてはいるものの、白波が立ち、風も強く、レースを行うには厳しい状況であった。しかし、参加チームの「びわ湖に船を浮かべずには帰れない」との熱意から、安全に最大限の注意を払うことを大前提に、レースを行う運びとなった。その後、状況は好転し、午前11時を過ぎた頃には、風も波も収まった。

レースは、午前9時25分より5分の時間差をおいて1艇ずつ順番に、主催者が用意した各チーム用の伴走艇にメンバー、審判員、そしてソーラーボートを載せ(図8)、図9のA点まで行く。A点でソーラーボートを降ろしスタート。あとはソーラーボートの自律航行に任せるのみ。ソーラーボートが、正常に動作していれば、B点を通過しC点で折り返し、再びB点を通過しA点へ戻る。この往復約20kmのタイムを競い合う。なお、この間、伴走艇は、一定の距離をお

いてソーラーボートと併走し、万が一の際には、プロポによる手動操作を行う。また、ソーラーボートがトラブルにより停止した場合には、伴走艇に引き上げてメンテナンスを行うことも認められている。

今回の参加チームは、前年度優勝の東京大学から2チーム、立命館大学を母体とする遊湖から2チーム、大阪電気通信大学から1チーム、そして、当サークルの計6チームであった。スタート順は、くじによる抽選で決まり、我がチームは2番手スタートとなった。

スタート時は、湖面が荒れており、波に船首を突っ込んだりジャンプしたりといった航行であったため、ソーラーボートが壊れないか、ひやひやしたが、なんとか持ちこたえ、B点を通過した。しかし、直後、安堵の間もなく、あろうことかソーラーボートが止まってしまった。恐る恐る伴走艇で近づいてみると、藻がプロペラに絡み、回らなくなっていた。伴走艇上から竹竿で藻を取り除くと再び航行を始めた。ホッと胸を撫で下ろしたが、もう少し、停止時間が長かったら、モーターが焼き付いていたかもしれない。

その後も、決して予断を許すというわけではなかったが、なんとか停止することもなく、2時間8分でゴールした。

レース結果は、東京大学チームが1時間50分で1位、我がチームが2位、遊湖チームが2時間10分で3位であった。ちなみに昨年も1位は東京大学チーム、2位は我がチームで2時間18分であった。我がチー



図8 ソーラーボートと伴走艇



図9 コース

ムは10分の時間短縮をしたものの雪辱ならず残念ではあるが、東京大学チームは、それを上回っていたため、悔いはない。

なお、今回は、参加6チームのうち、5チームが完走した。昨年は2チームしか完走できなかったことを考えると、レベルは確実に上がってきている。

5 おわりに

これまで、クルーレス・ソーラーボート大会に参加してきて、私なりに感じていることが3つある。

- (1) 言うは易く、行うは難し
- (2) 継続は力なり
- (3) 自然には勝てない

1つめの「言うは易く、行うは難し」であるが、これには、さらに2つあり、1つは、「やるよ!」と手を挙げ、行動に移すことの難しさを感じている。ソーラーカー、ロボコンなど、いろいろ言う人はいるが、残念ながら、当サークルに続く技術指向のサークルは発足していない。当サークルの発足メンバーは、私を含め3名であるが、私は声を掛けられた方で、手を挙げたのは他の2名である。手を挙げること、そして人を集めることには多大なエネルギーが必要である。私は、その2名の手を挙げたパワーに敬服している。もう1つの「言うは易く、行うは難し」であるが、これは、毎年「あれを作ろう、これを作ろう」と頭ではいくらでも考えられ、あれこれ言うのだけれど、いざ、製作に入ると、結局、動くようにすることで精一杯で、言ったことの半分もできない、ということである。

次の「継続は力なり」であるが、この活動は業務外であるため、定時以降、及び、休日の作業となる。一方、製作は、船体、電装、ソフトウェアと広範囲であり、時間がかかる。そのため、毎年、7月末から夏休みまでは、休日無しと言えるほど時間を費やすことになる。これまで、20名以上が当サークルに関わってくれたが、毎年参加することは難しく、現在の部員は7名、発足当時から続いているメンバーは3名である。しかし、継続してきたメンバー、そしてチームには、確実に、継続してきたことによる力強さ、そして粘り強さが備わったと感じている。

最後の「自然には勝てない」であるが、まず、ソーラーボートの大前提は太陽光であり、太陽がなければ動けない。それから、陸上では約4mの船は大きく見え、約7ノットも速く感じるが、雄大な琵琶湖の上では、漂っているようにしか見えない。そして、今回の台風による1日目の中止。さらに、実は、大会5日前のテスト中に波風に煽られ船を転覆させてしまった。そのため、対策として泣く泣く抵抗となるアウトリガーを取り付けることにした。このように、このレースは、非常に自然に左右されやすいものであり、月並みであるが、自然には勝てない、と痛感している。

今後は、上記3つの点、そして、クルーレス・ソーラーボートを通じて培った、もの作りの面白さ、技術、人のつながりなどを、仕事、遊び、そして、社会活動に活かして行きたい。

■参考文献

- 1) びわ湖クルーレス・ソーラーボート大会
<http://www.biwa.ne.jp/~solar/index.html>

■著者



藤田 学
Manabu Fujita
—
(株)ワイ・イー・シー
電装制御部