

特別寄稿

ソーラーボート チーム「太陽がいっぱい」

高橋 秀明*
Hideaki Takahashi

1. はじめに

1989年7月、1990年8月とヤマハマリーナ浜名湖にて、ソーラーボートレースが開催された。森山工業有志は、チーム「太陽がいっぱい」を結成し大会に臨み2年連続優勝することができた。この大会に向けての私たちのソーラーボート作りについて説明する。

表1 ボート諸元（'90仕様）

船体	ヤマハ ROW20SS 改造
電動船外機	ヤマハ M15 改造
太陽電池	シャープ NT186×8 + NT161
バッテリー	ユアサ NPH12-12×2
寸法	L5.9m×W1.3m×H0.5m
重量	85kg
乗員	1名
最高速度	16.7km/h
巡航速度	11.3km/h

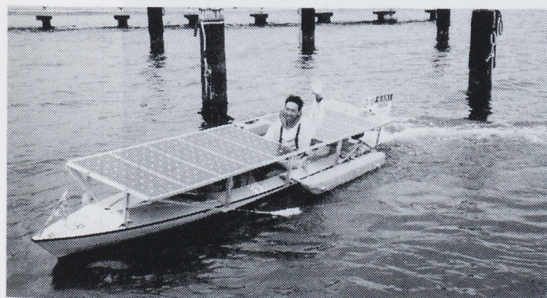


写真1 ソーラーボート（'89仕様）

2. ソーラーボートの要素

私たちのソーラーボートは大きく分け、太陽光を電気に変える太陽電池、電気を回転運動に変えるモータ、回転運動により推進力を発生するプロペラ及び船体で構成されている。（図1）

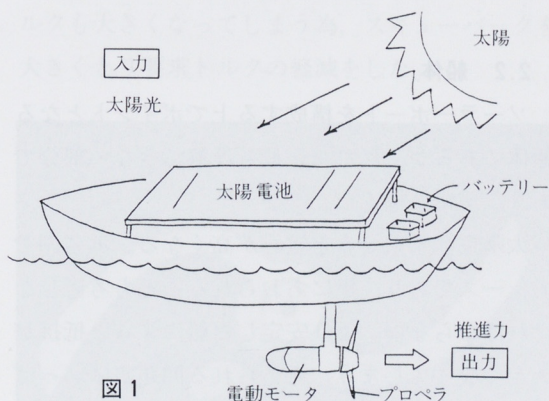


図1

又、エネルギー変換の流れを図2に示す。

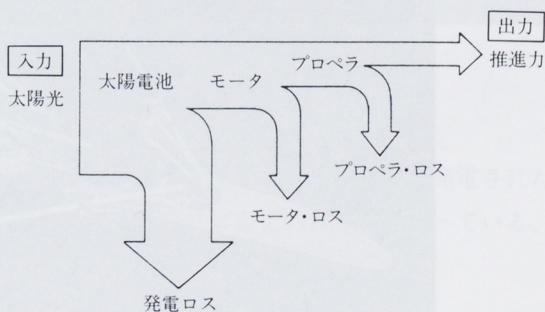


図2 エネルギーの流れ

* 森山工業(株) 技術部

2.1 太陽電池

レギュレーションで太陽電池の出力は 480W 以下 ($100\text{mW}/\text{cm}^2$, 25°C) 及びセル面積 6m^2 以内と規定されている。私たちのチームはコスト、性能等一般的な単結晶Si系のSHARP製NT186(最大出力54.5W) 8枚とNT161(最大出力40W) 1枚を並列に組み合わせて、476Wと規定いっぱいの出力を確保した。

性能の面で単結晶Si系より高効率であるGaAs系などが開発されているが、まだ私たちが使用できるレベルではない。

表 2

材 料	効 率	コスト	主な用途
GaAs 系	24~28%	高	宇宙用
結 晶 Si 系	12~18%	中	民生、電力用
アモルファス Si 系	6~9%	低	民生用

2.2 船体

ソーラーボートを構成する上でポイントとなる船体であるが、私たちが最も理解できない部分であり、選定に悩んだ。

太陽電池を乗せると重心が高くなる。浜名湖でのレースであり、風にあおられることも考慮しなければならない。より安定した船にすると抵抗が大きくなってしまう。考えられる問題点はいっ

いあるのだが、それを解決する知識がなかった私たちにとって大いに助けになったのが「あるボートデザイナーの軌跡」であった。より安定していて抵抗の少ない船をこの本から学びとった私たちは、ヤマハROW-20SS オーシャンスカルを選定した。レギュレーション全長6m以内に対しオーシャンスカルは5.9mとめいっばいにできていた。(写真2)

レースはスラロームのような小まわりを要求される部分が少なかった為、旋回性を多少犠牲にしても直進性の良いこの船を選んだ。(レース後わかったことだが、この船は旋回性も予想以上の性能をもっていた。

レース当日は天候が最悪の場合を考え両舷に航行時は水に着かないフロートをとりつけ、転覆だけは避けることにした。

実際レースで他チームの船を見てみると、やはり安定性重視のカタマランが多かった。'89の大会は曇天、強風の最悪コンディションの中で行なわれた。この条件下ではカタマラン有利と思ってしまったが、オーシャンスカルの安定性はすばらしく、白波の立つ荒れた波間をすいすい進み、この船の実力を再確認した。

2.3 モーター

モーターは電動船外機ヤマハM15をベースに改造を行った。モーターの体格を大きくしてもパワーア

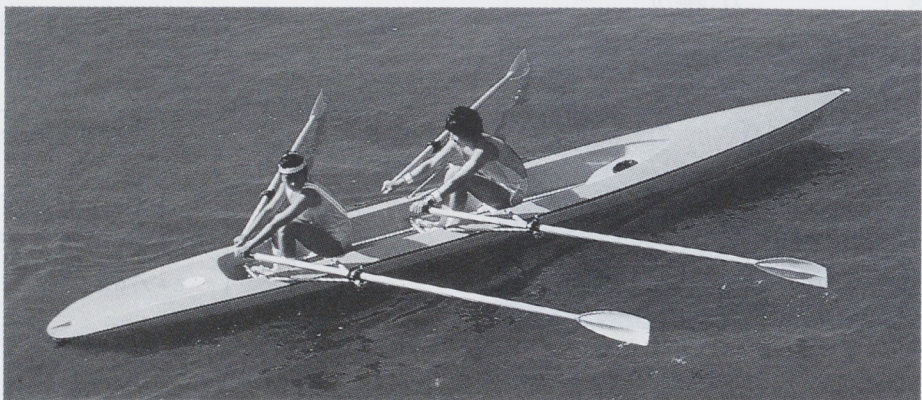


写真2 ROW20SS

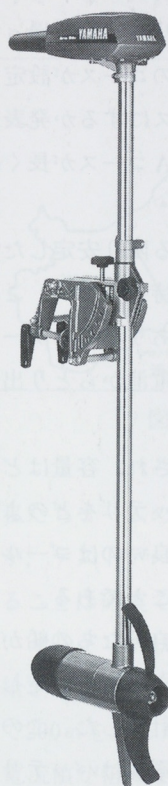


写真3 M15

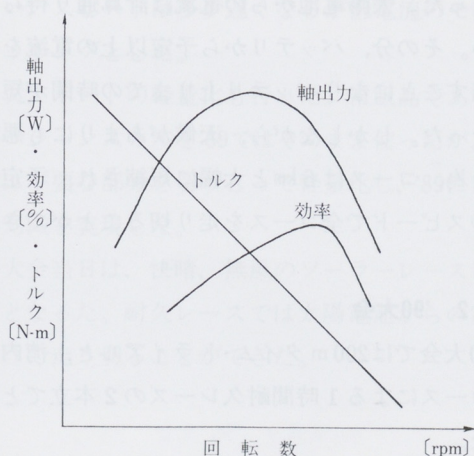
ップすることもできるがM15の体格同等とした。(エンジンでいえば排気量同じでチューンしたことになる。)

私たちがまず行ったのはマグネット材質の変更であった。M15はフェライト磁石(ストロンチウム・フェライト・マグネット)で、磁束密度が4000ガウスである。これに対しレース用は、希土類磁石の中のネオジウム-鉄-ボロン磁石を使用した。ネオジウム磁石の磁束密度は11000ガウスである。(ちなみにエレキバンが1000ガウス程度だ。)

磁束はモータを回す力のもとであるから、磁束

密度が高ければ同じ体格でも高トルクが発生できるわけだ。

モータのポテンシャルはこのようにして高められたが、これをどのようなマッチングポイントで使うかが次の問題となる。



グラフ1 モータ特性

グラフ1は、永久磁石直流モータの特性である。(M15はこのタイプ) 最大出力と最大効率ポイントが違うが、私たちは効率重視でマッチングさせることにした。

プロペラの要求する回転数、トルク、又モータの温度上昇に関係する電流値を満足する為に、M15の直結駆動に対し、レース用は減速機を内蔵し、マッチングの最適化をした。結果として、M15の250W効率55%に対し、450W効率75%と出力、効率とも向上した。

2.4 プロペラ

モータの出力(プロペラ入力)が450Wと大きくなったことで、M15のプロペラよりもピッチを大きくとりスピードを上げることにした。

外径もM15のφ300からφ400とし、推進力アップをはかった。

ピッチ、外径を大きくするとプロペラの要求トルクも大きくなってしまい、スキューバックを大きくとり要求トルクの軽減をした。

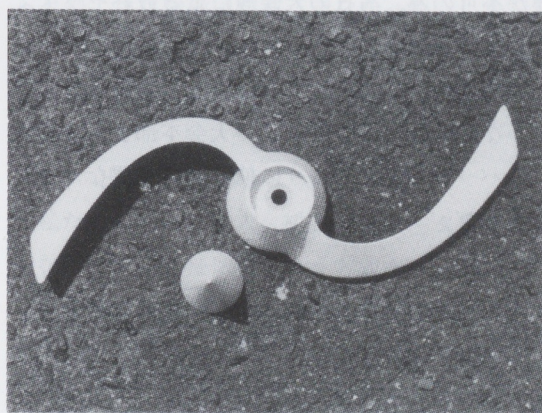


写真4 プロペラ

2.5 回路

回路図を紹介しておく。太陽電池で発電された電気は、バッテリーに蓄えられる形となっている。

○充電モード

SW①の切換を③に、SW②の切換を①にする。

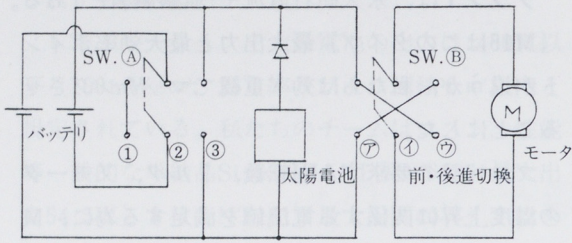


図3 回路図

○12V系走行モード

- ・太陽電池のみ

SW(A)の切換を②に, SW(B)の切換を㉔又は㉖。

- ・太陽電池+バッテリー

SW(A)の切換を③に, SW(B)の切換を㉔又は㉖。

○24V系走行モード

SW(A)の切換を①に, SW(B)の切換を㉔又は㉖。

3. レースを走り切る為のセッティング

船検が大会前日に行なわれ、船検後のパーツ交換が不可の為、当日の天候等による最終セッティングはできない。

太陽電池からの電流は天気により変動し曇天時はかなり低い値となる。又、大会本部より支給されるバッテリーをどのように使うかも重要なポイントだった。

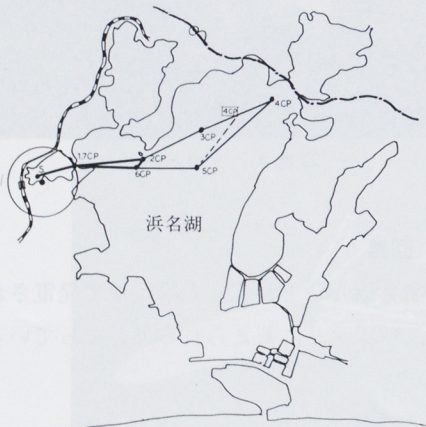


図4 '89 コース図

3.1 '89大会

'89のレースはマリナーの湾より外に出て帰ってくるというレースで、A、B 2つのコースが設定されており大会当日どちらのコースにするか発表があるというものだった。距離はAコースが長く約14kmであった。

太陽電池からは、太陽光がある限り安定した電流が得られるが曇天であれば期待できない。このことはどのチームも同じことであり私たちチームは晴天時のみ考え、その時太陽電池からとり出せる電流をもって計算を進めた。

大会本部よりバッテリーが支給され、容量はどのチームも同じであるが、このバッテリーをどのように使うかが問題であった。一番良いのはゴールした時に丁度バッテリーを使いきることである。

私たちは数回の海上テストで自分たちの船が、実力どのくらいの速度で航行できるかを測定し、その速度で14km走り切る時間を計算した。この時間いっぱい、安定して得られる電流はバッテリーの容量から決定することができる。

このようにして、太陽電池、バッテリーからコースを走り切るまで安定して得られる電流を計算しモータのセッティングをした。しかしこれは大会当日、晴天でコースA (14km)をとった場合のセッティングとした。

大会当日は、曇天、強風の最悪コンディションとなった。太陽電池からの電流は計算通り得られない。その分、バッテリーから予定以上の電流をひき出すことになりバッテリー上りまでの時間が短くなった。しかしながら、天候があまりにも悪かった為、コースは6kmと大幅に短縮され、予定通りのスピードで全コースを走り切ることができた。

3.2 '90大会

'90大会では200mタイム・トライアルと、湾内周回コースによる1時間耐久レースの2本立てとなった。

又、支給されるバッテリーは'89大会の半分の容量

と小さくなった。

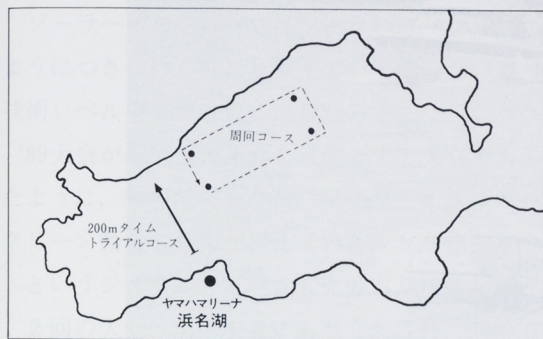


図5 '90 コース図

私たちチームのモータは、12V系連続仕様であるが、テストデータより200mは1分以内で走り切れることは確実であった為、この時間内に焼損しないギリギリの状態でもータを使うことを考え、支給される12Vバッテリー2ヶを直列に接続し、24Vで200mを走った。12V系モータに24V接続すると電流値が倍になり熱的にきびしい状態となり長時間はもたないが、200mは走り切ることができた。

この方法によりスピードを12V系の5割アップとすることができた。

1時間耐久レースは、時間制限のレースである為、バッテリーの消費電流は設定しやすかった。

'89大会よりバッテリー容量が小さくなった為、1時間内で安定して得られる電流は少なくなってしまい、スピードは多少遅くなるが低電流のモータマッチングとした。

又、ボートの軽量化も行った。市販品である、オーシャンスカルを'89ではそのまま使ったが、'90では不要な部分を切りとって軽量化し、'89に対し30%減を実現した。

大会当日は、快晴、無風のソーラーレースびよりとなった。耐久レースでは太陽電池からの電流だけで走り切ることができた。

4. 今後の性能向上

4.1 船体

市販品であるオーシャンスカルを改造して使った為、ソーラーボートにはある程度向いてはいるだろうが最適な船とはなっていない。レース用と考えると軽量化はまだできるだろうし、船形についても改良の余地はあるだろう。又、水中翼船として、安定した航行ができれば更に性能向上が望めそうだ。

しかしながら、船体に関して具体的に展開していく知識、技術がない為、是非みなさまの協力を願いたい。

4.2 入力（太陽電池）

太陽電池の発電電力はパネルの角度や温度によって大きく変わる為、効率の良い発電を行うにはパネルの角度を変え常に太陽光に垂直にしたり、最大電力となる電圧、電流ポイントで充電することが望ましいが、構造の複雑化、レースの距離からそのような機構は組み込まなかった。しかし、レースの距離がもっと長くなった場合はこのようなトラッカ装置が有効になってくるだろう。

4.3 出力（モータ）

私たちのモータは永久磁石直流モータを速度制御なしの電源直接切替という方式をとった。これも速度制御回路等による複雑化を避ける為に極力簡単に仕上げたからだ。今後はその場の状況により速度を変えながらレースをする必要がでてくることも考えられ、効率の良い速度制御回路を組み込んでいかなければならない。又、モータ自体の効率アップも含め、モータ方式も検討していかなければならない。

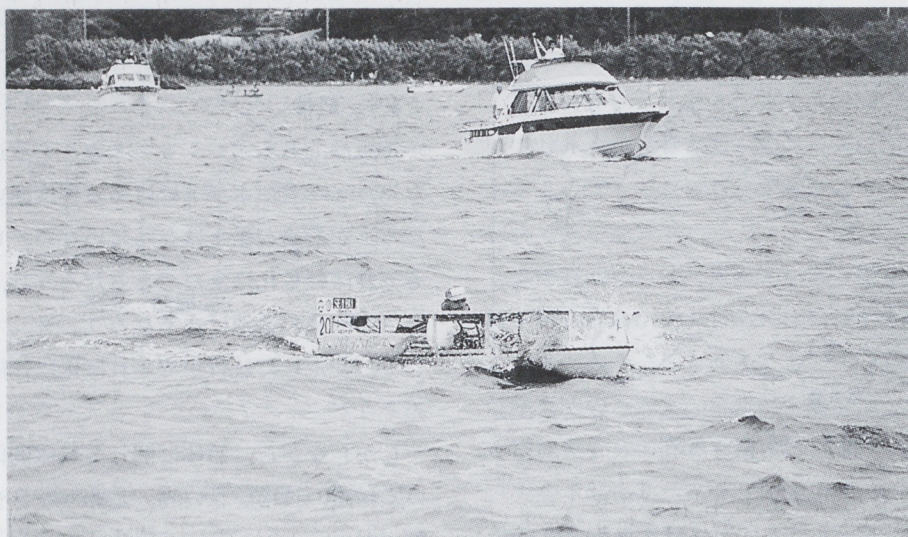


写真5 '89 大会

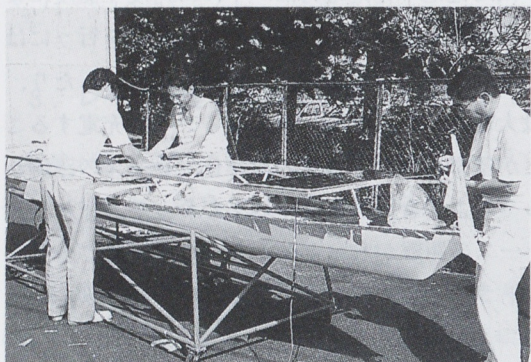


写真6 '90 仕様 (改造中)

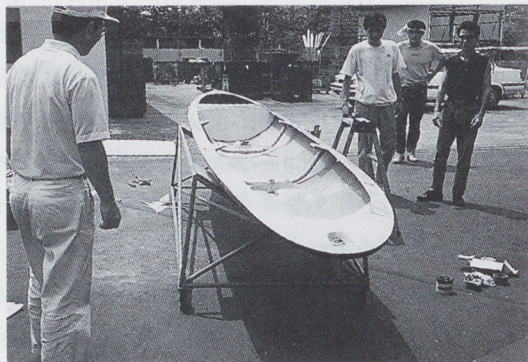


写真7 '90 仕様 (改造中)

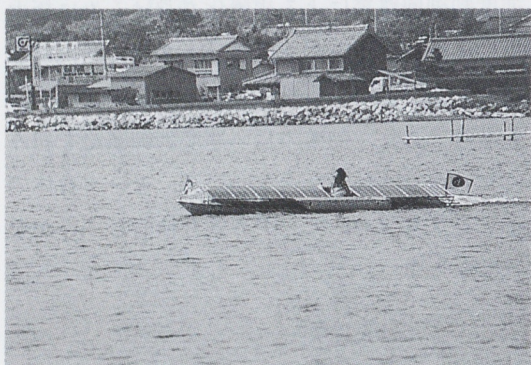


写真8 '90 大会



写真9 '90 大会

