

I 簡易レーティングの意義と小網代レーティングルールの概要

日本で導入されているレーティングルールで精度が高いのはIRCエンドースドとORC-1であるが、計測が大変な上毎年更新が必用なので、高性能なヨットと高レベルの乗り手が競うレースに向いているが、クラブレースには不向きである。IRCノーマルとORCCはクラブレースで使えるように簡素化されているが、やはり毎年更新が必用なのでクラブレースで用いられることが少ない。

クラブレースに用いるレーティング（以下Rating）は、そこそこの精度を維持しながら、計測が簡単（或いは無し）、ローコスト、毎年更新無し、が望ましい。Ratingの精度と計測の簡便さは両立しないので、どのあたりに妥協点を見出すかが、簡易Ratingのコンセプトとなる。小網代レーティングルールは簡単な計測でそこそこの精度をめざしたルールであり、ルールに客観性を持たせるために計算式でRatingを算出している。

小網代レーティングルールは北欧のスキャンディキャップルールをモディファイした簡易Ratingであり、計測は容易であるがルールの厳密性と公平性に劣る。スキャンディキャップはIOR艇やそれ以前のオールドファッションな艇にハンディキャップを与えるためのものであったので、小網代レーティングルールではヨットデザインの進歩に対応して計算式を変更してきたし、今後も同様である。

小網代レーティングルールはメーター級ルール、IORと同様に艇のスピードポテンシャルを長さ(m)に換算し、その長さ(Rating(m))を基に艇のタイムアローワンス(秒/マイル=艇速の予測)を算出するTime on Distanceのシステムである。実際に艇のハンディキャップとして機能しているのはタイムアローワンス(以下TA)であり、修正時間(所要時間-TA*レース距離)の少なさでレースを争う。レーティングが高いヨットはTAが小さくなり、それだけ速く帆走しないと修正時間で敗れてしまう。

IRCは艇のポテンシャルを修正時間係数(1.012等)で表し、それをレースの所要時間に掛けて修正時間を算出するTime on Timeのシステムであり、レース距離は修正時間に関わらない。

ORCCはTime on DistanceでもTime on Timeでも運用出来るが、一般にはOFFSHOREまたはINSHOREのTAに基づきTime on Distanceで運用している。

註 Time on Distance はレース距離、所要時間、TAから修正時間を計算するシステム。決まった距離(レースコース)をライバル艇とどれくらいの時間差で帆走するかで競う。Time on Timeは所要時間とRating(修正時間係数)から修正時間を計算するシステム。ライバル艇と所要時間の比率で競う。両者の優劣は一概に言えないが、参加艇のポテンシャルの差が大きい場合やレース中に風の時間帯がある場合はTime on Distanceの方が適していると言われている。

II 小網代レーティングルール2017（以下、新レーティングルール）の特徴

1. KFRのコースと気象条件に合わせたレーティングルールである。
2. 過去(1997年～2016年)のKFRにおいて、艇にたいする平均的な風向は、クローズホールド38%、ランニング38%、リーチング24%（ORCCにおける上下コースとサーキュラーランダムの間）程度である。また、平均風速は、TA I（風域10kt以下）5.6kt、TA II（10kt～18kt）12.9kt、TA III（18kt以上）22.4ktであった。

新レーティングルールでは上記の風向風速に合わせたTAを求めた。

3. TA I・TA II・TA III毎に別々のレーティング（以下Rating）計算式をもつ。

1艇に3つのRatingが与えられる。艇の特質（軽風向き、強風向き等）をルールに反映させるため、風域毎に3種類のレーティング計算式を設けた。TA II Ratingの計算式に補正の式を加えることでTA IとTA IIIのRating計算式をつくっている。

4. Ratingの値が適切でない場合は補正を行う

ORCセラーズサービスでテスト証書を得られる艇については、その艇のTA I～TA IIIをテスト証書のタイムテーブルと比較し、乖離が大きい場合はRatingを補正する。

III Rating 計算式とその解説

1. TA II Ratingの計算式

$$\textcircled{1} \quad \text{TA II Rating (m)} = 0.49 * (L - B + 2/3 * G + 0.75 * SC^{0.5}) * (8 * L * SC / D)^{1/3} * PF$$

註 SC^{0.5}はSCの1/2乗、すなわち√の意味、(8*L*SC/D)^{1/3}の^{1/3}は1/3乗すなわち、³√の意味である。Ratingは最終的には長さmの単位で表すので面積m²は√でmに換算する。

計算式はボートスピードに影響するファクターから艇のポテンシャルを求めている。

L 水線長 B 水線幅 G キールのガース SC 計測セイルエリア D 排水量 PF プロペラファクター

L, G, SCが大きくなるとレーティングが上がり、B, Dが大きくなるとRatingが下がる。

- ② 各ファクターの意味

L=ヨットの造波抵抗のファクター。Lが大きいほど造波抵抗が小さい。

B=ヨットの造波抵抗のファクター。Bが大きいほど造波抵抗が大きい。

G=ヨットのスタビリティの近似。Gが大きいほどスタビリティが大きい傾向。

SC=セイルによる推進力のファクター

D=ヨットの造波抵抗と摩擦抵抗のファクター。Dが大きいほど両者も大きい傾向。

PF=ヨットの誘導抵抗のファクター。プロペラの種類で決まる。

註 ボートスピードは推進力と抵抗のバランスで決まる。

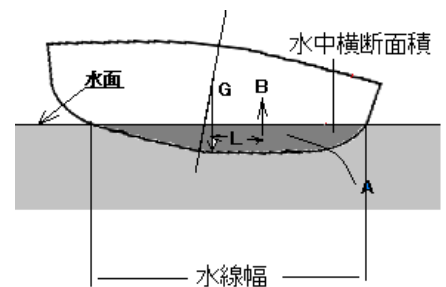
推進力=セイルの推進力（およびスタビリティー）

セイルの推進力はセイルエリアとセイルの効率で決まる。セイルの効率を左右するのはセイルの形状である。航空機の翼のように縦長の翼型断面が理想であるが実現は困難であり、普通のヨットではあまり効率の良くない三角帆を用いている。三角帆のセイルカーヴはセイルの効率を決める大切な要素である。マストは空気の流れを妨害しメインセイルの効率を大きく損なっている。

中風以上の風上航においてはスタビリティーがセイルの推進力の上限を決める。スタビリティーは、重心の高さ、D(排水量)、水線幅の三要素で決まる。重心が低く、重く幅広のヨットはスタビリティーが大きい。G はキールの深さと船の幅を同時に測ることにより、スタビリティーの近似を表そうとするものである。

抵抗=造波抵抗+摩擦抵抗+誘導抵抗+空気抵抗

造波抵抗は水線長が大きいほど小さく、水中横断面積と水線幅が大きいほど大きい。同じ水線長なら細身のヨットのほうが造波抵抗が小さい。D(排水量)が大きいほど水中横断面積と水線幅は大きくなる傾向にあるので、Dが大きいほど造波抵抗が大きい。



誘導抵抗は船体の各部分が水中で乱流を作り出すことによる抵抗。プロペラ、キール、ラダーなどが誘導抵抗の原因である。

摩擦抵抗は浸水表面積と船底の平滑度で決まる。D(排水量)が大きいほど浸水表面積が大きくなる傾向にあるので、Dが大きいほど摩擦抵抗が大きい。

③ 各ファクターの計測

$$L = LOA(\text{ハル長}) - FO(\text{フロントオーバーハング}) - AO(\text{アフトオーバーハング})$$

L(水線長)は水面上 $0.03*(B+G)$ の高さで測る。これは静止時に比べ、走っている時はバウとスターンで波が盛り上がり、有効水線長が延びるためである。かつてのメータークラスもこのような測り方をしていた。

$$FO = \text{水面上 } 0.03*(B+G) \text{ の高さでのフロントオーバーハング} \quad (\text{解説図参照})$$

$$AO = (1 - 0.03*(B+G) / HA) * OHAT \quad \text{但し } HA < 0.03*(B+G) \text{ の場合 } AO = 0$$

HA = トランサム下端の水面上高さ

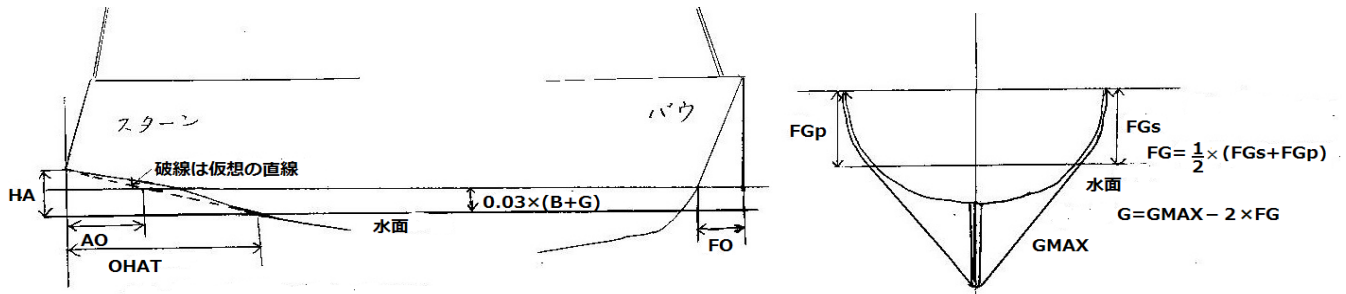
OHAT = トランサム下端からハルのセンターラインが水面に接する点までの水平距離。

a HA が $0.03*(B+G)$ 以下の場合には $AO = 0$

b HA が $0.03*(B+G)$ 以上の場合には OHAT を計測し AO を算出する。

$A0 = (1 - 0.03 * (B + G) / HA) * OHAT$ の式の意味は

トランサム下端からハルのセンターラインが水面に接する点までに仮定の直線を引き、その線が $0.03 * (B + G)$ の高さで交わった点を求め、この点からトランサム下端までの水平距離が $A0$ になる。これは旧 IOR 艇のようにスターン下面をホローカーブにして計測上の水線長を短くするトリックを防ぐためである。(解説図参照)



$$B = (D^{1/3}) \div 6$$

- a スカンディキャップでは実測水線幅を Rating のファクターにしていたが、新レーティングでは水線幅を実測せずに D (排水量) から計算で求める (擬似水線幅)。同一排水量なら B も同一とする。
- b 実測水線幅を Rating のファクターに用いると以下の問題がある。
 - ・ アップライト時の水線幅はヒールした時の水線幅と異なる。軽排水量で水線幅の広いボックス型船形の船はヒールすると水線幅が狭くなって抵抗を減らしている。
 - ・ 計測誤差が大きい。最大水線幅の位置の発見が難しい上、計測時の波による誤差が大きい。
- c 実測水線幅と擬似水線幅が殆ど一致する艇はテティス (FIRST40.7)、かまくら (IMS1050)、波勝 (YAMAHA30S II) であり、30~40feet の間では擬似水線幅の船長 (LOA) による不公平は殆ど無い。

$$G = GMAX - 2 * FG \quad (\text{解説図参照}) \quad G \text{ はスタビリティの近似を表している。}$$

$GMAX = \text{右舷シアライン} \sim \text{キール先端} \sim \text{左舷シアライン}$ の最大距離 (ワイヤをキールの下に回して計測する)

$FG = GMAX$ のポイントに於けるフリーボード

$D = \text{排水量 (安全備品、通常の艀装品を含みセイルを除いた重量)}$

ORCC の排水量はそのまま使う、IRC の場合は 1.02 倍する。カタログデータは軽すぎる人が多いので出来る限り使わない。

$$SC (\text{セイルエリア}) = SAM (\text{メインセイルエリア}) + SAF (\text{ジェニアセイルエリア}) + 0.25 * SPC (\text{スピネカー修正})$$

$$SAM (\text{メインセイルエリア}) = P * E * 0.6$$

通常より大きなローチを持つメインセイルは IRC の計算式でエリアを算出する。

$$SAF(\text{ジエノアセイルエリア})=0.5*LUFF*(J+FSP)+0.5*LUFF*(LPG-J)*(0.8-0.31*LPG/J)$$

JL=ジエノアラフ長 :実測出来ない場合は $JL=0.98*(I^2+J^2)^{0.5}$ で代用する。

LPG=ジエノアの最大幅 FSP=ラフケルーフ前後幅の2倍

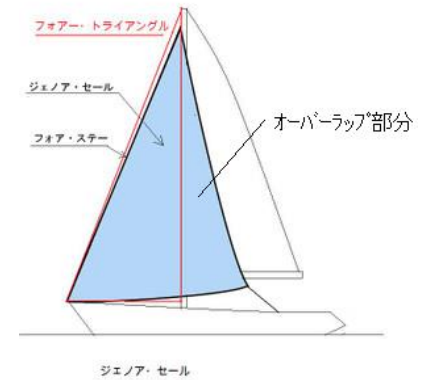
この式の意味は、

$$\text{ジエノア面積}=\frac{\text{フォアトライアングル面積}}{0.5*LUFF*(J+FSP)}+\frac{\text{オーバーラップ部分の面積}}{0.5*LUFF*(LPG-J)}*\frac{(0.49\sim 0.335)}{0.8-0.31*LPG/J}$$

ジエノアのオーバーラップ部分はジエノアの推進力にあまり貢献

していないので、その部分の面積の評価を下げる。

オーバーラップが大きくなるに従いオーバーラップ部分の面積に掛ける係数を小さくして $(0.8-0.31*LPG/J)$ 面積評価を下げて行く。150%ジエノアでは0.335を掛けるようにした。



$$SPC(\text{スピネカー修正})=SA(\text{スピネカーエリア})-(SAM+SAF)$$

$$SA(\text{スピネカーエリア})=0.06*(2*SL+SMW+SPL-J)^2$$

SL=スピネカー長(非対称スピネカーは左右の平均) SMW=スピネカー最大幅 SPL=スピネカーポール長

PF=プロペラファクター フォルディング=0.99、固定翼=0.96、無し=1

2. TAII Rating の計算式をもとに TAI と TAIII の Rating 計算式をつくる。

① TAI Rating の計算式

$$TAI\ Rating=0.48*(L-B+2/3*G+0.75*SC^{0.5})*(8*L*SC/D)^{(1/3)}*(SC/Disp)^{1.1}*(1.3/L^{0.1})*PF$$

$(SC/Disp)^{1.1}*(1.3/L^{0.1})$ は軽風に対する補正

$$SC/Disp = ((SC/(Disp/1000))^{0.67})^{0.2}/1.86$$

軽風ではセイルエリアが大きく排水量が軽い(浸水表面積が小さい)ことが艇速に大きく貢献し、水線長の貢献度は中風より少ないことを考慮した補正である。

② TAIII Rating の計算式

$$TAIII\ Rating=0.49*(L-B+2/3*G+0.75*SC^{0.5})*(8*L*SC/D)^{(1/3)}*(L/SC)*PF$$

L/SC は強風に対する補正 $L/SC = (L/SC^{0.5})*0.8$

強風では水線長の貢献度が大きく、セイルエリアの貢献度は小さいことによる補正である。

③ TAI Rating~TAIII Rating を基に TAI ~TAIII (秒/マイル) を求める。

$$TA1(10kt\ 以下) = 1981/TAI\ Rating^{0.34}(\text{秒/マイル})$$

$$TA2(10kt\sim 18kt) = 1255/TAII\ Rating^{0.35}(\text{秒/マイル})$$

$$TA3(18kt\ 以上) = 1261/TAIII\ Rating^{0.41}(\text{秒/マイル})$$

註 Rating(m)の数値を適切な速度(秒/マイル)に変換するための式である。

Rating は TA 計算式の分母なので、Rating が上がると TA は小さくなる。

タイムアロウンス(TA)とは、ある艇が「1マイルを何秒で帆走できる」という Rating 上の評価である。TA(秒)*レース距離(マイル)で「レースコースを何秒で帆走できる」を求めることが出来る。レース結果は所要時間から「レースコースを何秒で帆走できる」を引いた修正時間の小ささで争われる。

修正時間=所要時間-TA*レース距離

3 Rating の補正

ORCセラーズサービスでテスト証書を得られる艇については、その艇の TA I ~TAIIIをテスト証書のタイムテーブルと比較し、乖離が大きい場合は Rating を補正する。

比較するコースはテスト証書の上下コースとサーキュラーランダム平均、風速は、TA I は 6kt、TA II は 13kt (12kt と 14kt の平均)、TA III は 20kt を用いる。乖離が 1 %を超えた場合は 1 %以内になるように Rating を補正する。

IV 小網代レーティングルール 2017 の限界

1 スタビリティを計測しない。

スタビリティを G(キールのガース)で代用しているが、重心の低い艇は同じ G でもスタビリティが大きく有利になっている。そのため、バルブキールペナルティを導入したが、ノーマルキールで重心の低い艇(バラスト比の高い艇)の有利さは解消出来ない。

2 浸水表面積を計測しない。

浸水表面積を $D^{0.67}$ で代用しているが、排水量の割に浸水表面積の小さい艇(キール面積とラダー面積の小さいモダンな艇)は有利である。

3 排水量が不正確なヨットがある

排水量はレーティングの大きなファクターであるが、排水量が疑わしい(軽すぎる? or 重すぎる?)艇があり、検証が困難。

この問題は IRC のノーマル証書(排水量は申告制)や ORC C でも同様である。

4 ピッチングモーメントを評価していない。

ピッチングモーメントはクローズホールド性能に影響する。ピッチングモーメントが小さい艇(軽いハル、空のフォクスル、軽いマスト、軽いセイル)は有利である。

5 バウポール+ジェネカーを評価する式がない。

6 クルーウェイトを登録しない。クルーウェイトはスタビリティの大きな要素であるが、考慮していない。クラブレースではクルーウェイトの登録は現実的でない。

V その他

1 Time on Time 導入は必然性が乏しい

日本ではIRCが主流になっているが、小網代レーティングルールもIRCに合わせてTime on Time のシステムに変更するということが可能で、レース距離の正確さが必要なくなる。しかし、小網代フリートレースはクラス分けをしていないため参加艇のポテンシャルの差が大きく、またレース中に凧になることも多いため、Time on Distanceの方が適していると言える。現状では敢えて変更するメリットは感じられず、当面はTime on Distanceで運用する。

2 PHRF (計測委員会が山勘でレーティングを定めるシステム)導入はデメリットが大きい

小網代レーティングルールの計算式は科学的根拠が弱いので「わざわざ計算式を用いなくてもORCCやIRCを参考にしたPHRFで良い」という考え方もありえる。しかし、KFR参加艇にはORCCのテスト証書でシミュレート出来ない艇も多く、そういった艇は、計算式がなければ説得力のあるレーティング値を付与することが困難である。また、計算式があれば参加艇のセイルエリアや排水量の変更に対応しやすい。